

ATTI DEL CONVEGNO

**AMBIENTE, ALIMENTAZIONE
E SALUTE**

**ENVIRONMENT, FOOD
AND HEALTH**

Rovereto 7-8-9 novembre 1991



ACCADEMIA ROVERETANA DEGLI AGIATI - ROVERETO
1993

Durante la preparazione finale di questi Atti del Convegno il Prof. Danilo Vettori, Presidente della Accademia degli Agiati, caro amico e maestro, ci lasciò. Riteniamo doveroso da parte nostra dedicare il nostro lavoro a Lui, uomo di cultura ma, soprattutto amico sensibile capace di dare, con umiltà, molto agli altri e, nello stesso tempo, scusarsi per aver dato.

During the final preparation of these Proceedings our friend and master, Prof. Danilo Vettori, President of the Accademy of Agiati died. We think it is a duty for us to dedicate our work to him, to a man we had the privilege to know for his culture and, above all, sensitivity, to a man who had a great capability to give with humility and, in the same time, apologize for his giving.

GUIDO PERIN e PIETRO TRAVERSO

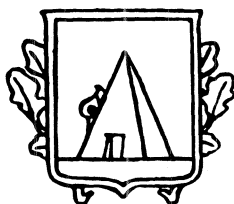
ATTI DEL CONVEGNO

AMBIENTE, ALIMENTAZIONE
E SALUTE

ENVIRONMENT, FOOD
AND HEALTH

PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONGRESS
Rovereto 7-8-9 November 1991

Guido Perin and Pietro Traverso
University of Venice - Italy
Editors



ACCADEMIA ROVERETANA DEGLI AGIATI - ROVERETO
1993

PRESENTAZIONE

Autorità, Signore e Signori,

l'Accademia Roveretana degli Agiati, negli ultimi anni ha dedicato una decina di convegni o seminari allo studio di problemi o tematiche di ordine storico o alla rivisitazione critica di alcune note figure di Soci accademici.

Sono stati affrontati così alcuni fondamentali periodi storici della nostra terra (l'età romana, quella medievale, il '400 veneziano nel Trentino, l'età della restaurazione) con notevoli contributi di esperti italiani e stranieri e con l'apprestamento di importante materiale scientifico documentario.

Altri temi più specifici (il sistema giudiziario amministrativo a Rovereto e lo splendido sviluppo economico industriale della nostra città nel '700) come l'approfondimento e lo studio dell'opera e della personalità di alcuni grandi roveretani (dagli archeologi Paolo Orsi, Federico Halbherr, Giuseppe Gerola ai letterati Luciano Miori e Valentino Chiocchetti) hanno consentito e favorito ricerche, indagini, puntualizzazioni critiche da parte di molti studiosi e l'elaborazione di originali memorie, tutte puntualmente pubblicate sugli Atti della nostra Accademia o in pubblicazioni specifiche.

Purtroppo nell'ambito della nostra Istituzione che è pur sempre anche Accademia di Scienze, non c'è stato, dopo gli anni 20 di questo secolo, uguale fervore di iniziative e di progetti in campo scientifico, anche se recentemente alcune tornate accademiche hanno visto impegnati nostri Soci nella trattazione e nella esposizione di temi strettamente scientifici, con particolare riferimento a quelli ecologici e gli Atti Accademici della sezione scientifica continuano a suscitare interesse ed attenzione.

Eppure la nostra Accademia nella sua lunga storia ha conosciuto periodi e cicli nei quali l'indagine scientifica è stata largamente privilegia-

ta rispetto a quella storico-letteraria o filosofica e i nostri scienziati accademici hanno raccolto consensi e apprezzamento anche in campo internazionale.

Un Socio accademico nel 1931 traccia sui nostri Atti (serie IV volume X pp. 5-10) una breve sintesi dell'attività dell'Accademia in campo scientifico; e la sostanzia con l'orgoglio e la sicurezza di chi può constatare una presenza continua e qualificata, anche in tempi difficili, di scienziati e studiosi più o meno conosciuti (dai fratelli Fontana a Beniamino Condini) che alla ricerca pura, alle esperienze di laboratorio, alla diffusione di verità scientifiche hanno offerto il loro impegno, la loro intelligenza, soprattutto l'ideale di essere utili alla società.

Fin dal tardo '700 - egli annota - «esuberante di sonetti, di capitoli, di cicalate, di novelle e disquisizioni più o meno futili» affiorano e s'intrecciano temi ed argomenti di natura scientifica con intenti prevalentemente didascalici e di divulgazione illuministica (ma i fratelli Fontana per esempio superano ampiamente tali finalità conseguendo risultati altamente scientifici).

Più puntuale si fa in seguito (nella seconda metà dell'800) l'approfondimento scientifico e più rigorosa la ricerca sistematica con il ricorso costante anche a dati statistici e a sperimentazioni di laboratorio, ma contestuale è sempre il riferimento alla realtà sociale, come per esempio la forte campagna contro l'alcolismo (abbastanza diffuso nel Trentino) e soprattutto la nota battaglia intrapresa e vinta, in particolare da un nostro Socio il dr. Guido De Probizer, per contenere e sconfiggere gli effetti perversi della pellagra, piaga dolorosa e umiliante di tanta parte delle nostre genti.

Su questa linea e in queste prospettive, seppure in situazioni diverse, si muove tutta l'opera di un altro nostro Socio, il dr. Beniamino Condini che in anni più vicini a noi (tra il '50 e il '70) realizza, anticipando i tempi, tutta una serie di iniziative e di progetti, intesa a promuovere sul territorio una intensa attività assistenziale igienico-sanitaria, consolidata da importanti relazioni e osservazioni, tutte pubblicate sui nostri Atti accademici.

È tale il consenso che i nostri studiosi accademici hanno raccolto anche in campo internazionale che nel 1765 (a 15 anni cioè dalla fondazione della nostra Accademia «ritenuta ormai singolarmente celebre») Maria Teresa imperatrice d'Austria affida alla nostra Istituzione lo studio e il progetto per l'istituzione di una società scientifica, nell'intento di migliorare le condizioni agricole e industriali dell'impero e ancora, a distanza di un secolo, nel 1873 tanta è l'importanza riconosciuta in campo scientifico alla nostra Accademia e quindi anche alla città, che

la ospita che viene celebrato, proprio qui a Rovereto, il 3° Congresso bacologico internazionale con la presenza di centinaia di delegati provenienti da tutto il mondo.

Maggiore interesse comunque che non questi celebrati appuntamenti possono certamente offrire agli esperti per una storia della ricerca e dell'attività scientifica nell'ambito della nostra Istituzione, gli Atti della nostra Accademia che si pubblicano ininterrottamente dal 1826 nella duplice edizione storico-umanistica e scientifica e le molte relazioni inedite contenute nel archivio accademico, che testimoniano la larga ospitalità offerta alle materie scientifiche nell'ampio ventaglio delle discipline accademiche e il reale interesse di tanti soci studiosi per il mondo scientifico.

Pasquale Pizzini, nostro Socio, in un prezioso recente volumetto «Indici analitici degli Atti e delle pubblicazioni dell'Accademia Roveretana degli Agiati dal 1824 al 1980» registra più di 150 memorie e studi originali dedicati da nostri Soci accademici a temi che, più o meno si ricollegano a quelli che sono richiamati nell'ampia articolazione nel Convegno «Ambiente, Alimentazione e Salute».

Non sempre, per vero, tranne che in qualche saggio più recente, è possibile trovare quelle finalità di intenti e quelle correlazioni tematiche che i responsabili del Convegno hanno voluto proporre e che si legano a tempi diversi e a realtà socio-economiche profondamente modificate.

L'idea di questo convegno e le tematiche poste in discussione sono sorte da qualche considerazione, nata inizialmente tra pochi amici, di facile interpretazione ed intelligenza.

Al di là del proposito di presentarci come istituzione in un progetto e in un impegno culturale che avesse precise ricadute sul piano sociale, queste considerazioni possono compendiarsi in alcuni pensieri:

- il riconoscere innanzitutto che la salute è un diritto primario ed inalienabile dell'uomo;
- il constatare che essa è stata ed è gravemente minacciata da tante forze ostili non solo di ordine generale ma anche per aberranti e/o irrazionali interventi dell'uomo sulla natura stessa (si pensi solo ai gravi insulti di ordine ecologico) o sul proprio simile con attentati alla sua integrità fisica o psichica attraverso medicinali, errata o dannosa alimentazione ecc.;
- il richiamare alla memoria che anche la nostra terra, la nostra gente ha subito nel passato gravi danni per lo scatenarsi delle forze di natura ma anche per quelle non meno dolorose della fame, della povertà, della pestilenza, della guerra;

- lo scoprire che le autorità religiose civili, le associazioni qui nella nostra terra, nella nostra città hanno offerto segni meravigliosi di solidarietà e di interventi con l'istituzione di ospizi, ospedali, pellagrosari ed altre forme di assistenza;
- l'avvertire infine che non solo alla politica attraverso adeguate legislazioni ma anche all'industria in genere (ed in particolare a quella della produzione alimentare) e alla scienza spettano compiti ed obiettivi precisi (se non sbaglio definiti da norme comunitarie e statuali), non solo di salvaguardia della protezione e del miglioramento dell'ambiente, ma anche del miglioramento della qualità della vita.

Ecco snodarsi così i temi delle varie sessioni del convegno, ecco giustificate certe correlazioni tra ambiente storico e salute pubblica, tra scienza ed industria alimentare.

Di proposito si sono voluti evitare facili temi che oggi sembrano accattivare interesse e curiosità e sono di facile presa sull'opinione pubblica: sul tema in particolare della alimentazione ci si è tenuti lontani da proposte e analisi dietologiche che spesso danno luogo a esagerazioni e strumentalizzazioni, come dagli ormai desueti e ambigui temi di natura ecologica.

Si è fatto ricorso invece per la presentazione di temi altamente scientifici ad insigni esperti del mondo italiano e straniero, che a me tocca ringraziare vivissimamente, dopo averli tormentati per vederli qui presenti: dai relatori statunitensi (proff. Cotruvo, Chesters e Suffet) che approdano in questa nostra piccola terra dai loro sterminati paesi e dagli efficientissimi laboratori scientifici che essi dirigono, ai nostri accademici italiani che da diverse sedi universitarie (Milano, Padova, Bologna, Venezia) portano i risultati delle loro ricerche scientifiche: dai giovani ricercatori che hanno voluto affondare il loro interesse sulle strutture sanitarie in Trentino, ieri ed oggi, agli esperti delle più qualificate aziende alimentari nazionali, che avvertono l'importanza enorme del rapporto alimentazione e salute, al prof. Guido Perin in particolare, roveretano, nostro Socio accademico, direttore del Convegno, che ci ha seguito con tanta passione e diligenza nella ideazione, nella programmazione e nella realizzazione di questo convegno: a lui un vivissimo ringraziamento a nome del Consiglio accademico e mio personale così come ad altri amici, roveretani, veneziani e trentini che hanno contribuito alla realizzazione di questo progetto.

Un grazie particolare al Presidente della Provincia di Trento, Mario Malossini che ha voluto dare il suo apprezzato patrocinio a questa iniziativa ma anche presenziare ai lavori di questa sessione, portando un suo saluto.

Un grazie al sindaco di Rovereto, dr. Pietro Monti non ancora presente al Convegno, che, come gli altri responsabili della pubblica amministrazione che lo hanno preceduto, ha accompagnato e favorito con partecipazione ed interesse questa nostra iniziativa culturale.

Un saluto infine a tutti i presenti, alle molte autorità che non posso citare ma che ringrazio per la loro presenza, ai giovani studenti, agli illustri studiosi, agli ospiti, ai giornalisti specializzati delle varie testate.

Con il saluto un augurio che faccio a tutti, a me innanzitutto, di buona riuscita del Convegno e agli ospiti di buona e serena permanenza in questa nostra città che nella tradizione culturale presenta una delle caratteristiche più antiche e certamente più prestigiose.

DANILO VETTORI

Presidente dell'Accademia Roveretana degli Agiati

RELAZIONI

RELATORI

Prof. DANILO VETTORI
Presidente Accademia Roveretana degli
Agiati

Prof. GUIDO PERIN
Dipartimento Scienze Ambientali Univer-
sità di Venezia - Sez. Tecnol. Tossicol. Am-
bientali

Prof. JOSEPH A. COTRUVO
United States Enviromental Protection
Agency, Office of Pollution Prevention
and Toxics, Washington, DC USA

Prof. GORDON CHESTERS
Academic Program Director, Water Re-
sources Center and Professor, Soil Scien-
ze University of Wisconsin - Madison, WI
53706, USA

Prof. I. H. (MEL) SUFFET
Env. Science and Engineering UCLA -
School of Public Health Los Angeles CA
90024

Prof. KATHRYN HUNCHAK-KARIOUK
Env. Studies Institute Drexel University
Philadelphia, PA 19104

Prof. GIUSEPPE BUCCIANTE
Istituto Medicina Clinica - Padova

Prof. FRANCESCA VELLUTI
Istituto di Medicina Clinica - Padova

Prof. GIULIANO ZIGLIO
Istituto Igiene - Università degli Studi -
Milano

Prof. EDOARDO TURCHETTO
Università degli Studi di Bologna - Cen-
tro Ricerche sulla Nutrizione - Facoltà di
Medicina e Chirurgia

Prof. ATTILIO SCIENZA
Istituto di Coltivazioni arboree - Univer-
sità degli Studi di Milano

Prof. CLAUDIO SALVADORI
Direzione scientifica - Parmalat S.p.A.

Dr. BRUNO RINDONE
Responsabile Controllo Qualità - STAR
S.p.A.

Dr. PAOLA MIANA
ASPIV - Venezia

Prof. EMANUELE ARGESI
Università di Venezia - Dip. Scienze Am-
bientali - Venezia

Prof. PIETRO TRAVERSO
Università di Venezia - Dip. Scienze Am-
bientali - Sez. Tecnol. Tossicol. Ambien-
tali - Venezia

P. I. RAFFAELLA FABRIS
Università di Venezia - Dip. Scienze Am-
bientali - Sez. Tecnol. Tossicol. Ambientali

Dr. SILVIA SCOTTO
Università di Venezia - Dipartimento di
Scienze Ambientali

Prof. OSCAR RAVERA
Università di Venezia - Dipartimento di
Scienze Ambientali

Dr. ADRIANA ANDREATTA
Università di Venezia - Dipartimento di
Scienze Ambientali - Sez. Tecnol. Tossi-
col. Ambientali

Prof. MARCANTONIO BRAGADIN
Università di Venezia - Dipartimento di
Scienze Ambientali

Dr. EMANUELA RENZETTI
Ricamatore Università di Trento

Dr. RODOLFO TAIANI
Biblioteca Università di Trento

Dr. RENATO STEDILE
Funzionario USL Rovereto

Dr. LUCIANO GIRARDI
Amministratore Straordinario dell'USL
del Comprensorio della Val di Non

GUIDO PERIN

NUOVE PATOLOGIE CONNESSE CON L'AMBIENTE: RUOLO DELLE POPOLAZIONI A BASSO, MEDIO ED ALTO RISCHIO

PREMESSE

Lo sviluppo tecnologico particolarmente accentuato negli ultimi quarant'anni ha portato alla immissione, nell'ambiente, di prodotti chimici di nuova formulazione in numero e quantità crescenti di anno in anno.

Sono più di tremila i nuovi composti chimici che annualmente trovano impiego nella prassi tecnologica industriale e nella vita giornaliera della comunità.

In particolare l'industria chimica organica ha giocato un ruolo importantissimo fornendo i prodotti farmaceutici che hanno consentito di eradicare molte malattie infettive, i pesticidi e gli erbicidi che hanno consentito l'aumento della produttività agricola, (pur se con i problemi ecologici connessi) le materie plastiche che sono entrate in tutti i settori dell'attività civile e una miriade di altri prodotti che incontriamo giornalmente nella nostra vita. La produzione di composti chimici organici di sintesi ha subito una crescita esplosiva nel dopoguerra passando, ad esempio, negli Stati Uniti, dai 2 ai 5 milioni di tonnellate nel 1940 a circa 90 milioni di tonnellate nel 1970.

La produzione intensiva di tali composti chimici non ha tenuto conto, all'inizio, del comportamento di essi nell'ambiente. Non si è pensato, infatti, che molti di essi non si degradavano naturalmente, ma, al contrario, si accumulavano negli ecosistemi. Ancora si è scoperto che i prodotti chimici originali, se degradati, producevano nuovi composti «figli» in alcune occasioni più tossici o più persistenti dei loro progenitori. Due esempi solo potremmo citare che chiaramente indicano la dimensione del problema su esposto: il caso del DDT e il caso dei PCB. Am-

bedue i composti, come noto, sono composti aromatici clorurati. Il DDT, potente antiparassitario, è stato usato ampiamente nel dopoguerra nell'agricoltura e nella sanità pubblica fornendo risultati eccezionali che hanno certamente consentito di salvare milione di vite. Contemporaneamente, però, essendo poco biodegradabile e solubile nei grassi, si è accumulato nelle parti grasse degli organismi viventi e, attraverso le catene alimentari, è arrivato fino all'uomo. Oggi le popolazioni di età variante da 50 a 60 anni hanno una concentrazione non indifferente di DDT nella parte grassa del proprio tessuto.

I PCB (o policlorobifenili) sono stati usati in epoca molto più recente come ottimo fluido per condensatori elettrici, come plastificanti per inchiostri tipografici, come additivi nelle vernici marine. Anche i PCB sono di difficile biodegradazione; sono solubili nei grassi per cui si sono progressivamente accumulati negli organismi e, attraverso la catena alimentare, sono pervenuti all'uomo.

L'immissione di tali composti chimici nell'ambiente ha modificato sostanzialmente quella che era la *capacità aggressiva* dell'ambiente. Una volta, infatti, la patologia era, relativamente, molto chiara in quanto gli agenti patogeni erano essenzialmente di tipo biologico (batteri e virus) nei confronti dei quali era possibile sviluppare un'azione preventiva, almeno nei limiti delle conoscenze nel campo della immunologia e della profilassi.

Con l'avvento di quella che gli ecologi chiamano società del benessere, la patologia è, eziologicamente, più chimico-fisica ambientale che non microbiologica in modo che, all'epoca attuale, possiamo dire che l'ambiente è l'agente più significativo per quanto riguarda lo stato di *malessere* della popolazione. La tecnica medica è oggi in grado di permettere la sopravvivenza anche a individui privi del normale bagaglio immunitario: consente cioè anche al bambino privo di anticorpi di sopravvivere ed all'individuo con limitate capacità anticorpali di riprodursi creando così delle generazioni sempre più deboli. L'individuo è sempre più difeso e, per assurdo, ha sempre più necessità di difesa.

Infatti, le ricerche mediche moderne si sono sempre più rese conto come molte patologie classiche siano scomparse e come, contemporaneamente, si presentino al clinico nuove forme di malattia, alcune dramaticamente aggressive (tumori ecc.) la cui vera eziologia è spesso sconosciuta od assai difficile da individuare. Oggi, infatti, siamo in grado di debellare con relativa facilità, quasi tutte le malattie infettive che, nel passato, significavano morte certa per l'ammalato. Siamo invece, solo all'inizio delle terapie delle nuove *malattie* che sono diventate, quasi come una *rivincita della natura sulla capacità antievoluzionaria* dell'uomo,

non diremo condizione di morte naturale, ma almeno prevalente causa della mortalità dell'individuo adulto moderno.

Poiché l'ambiente (in senso lato) è l'unico fattore modificatosi drasticamente ed in peggio negli ultimi cinquant'anni, esso è l'*indiziato numero uno* per tale brusca svolta nella patologia umana e quindi la politica sanitaria va sempre più orientata verso la prevenzione dei fattori ambientali che predispongono l'individuo alle nuove forme patologiche. Vedremo, di seguito, cosa intendiamo con fattori ambientali che non sono necessariamente, solo di tipo naturale, ma anche, ed in misura elevata, di tipo comportamentale.

INQUINAMENTO DELL'AMBIENTE E POPOLAZIONE AD ALTO RISCHIO

Durante l'arco della sua vita, il soggetto «uomo» viene ad incontrare, come abbiamo già detto, una nutrita serie di composti chimici immessi nell'ambiente dalle attività civili ed industriali. Non solo esso conatterrà i prodotti originali, ma anche tutta quella sequela di composti che i processi di degrado e di modificazione biochimiche e chimico-fisiche hanno formato a partire da quel prodotto originale. Giorno dopo giorno, ora dopo ora, il *soggetto uomo* assorbirà aliquote successive di tali composti e, contemporaneamente, ne eliminerà una parte. Se la eliminazione è quantitativa evidentemente non ci sarà alcun fenomeno di accumulo; se, viceversa, l'eliminazione è inferiore al processo di accumulazione, nell'organismo del *soggetto uomo* si realizzerà uno stoccaggio del composto chimico in esame che diventerà sempre maggiore man mano che gli anni passeranno.

Il composto chimico in oggetto può essere completamente innocuo; ciò significa che una volta indovatosi nell'organismo esso non provoca danni significativi all'infuori di qualche fenomeno locale. È da tener presente, peraltro, come valga sempre la vecchia regola generale della «*dosis facit venenum*» che, nel caso, appare fondamentale. Abbiamo detto, infatti, come il *soggetto uomo* assorba nell'arco della sua vita aliquote progressive di composti chimici ambientali.

Se il composto chimico non viene eliminato quantitativamente la sua concentrazione in una parte o più parti dell'organismo tende a crescere finché raggiungerà quel valore al quale si realizza un processo degenerativo della struttura biologica che si esprime, praticamente, con uno stato di sofferenza della struttura fisica del soggetto uomo e quindi con uno stato *patologico*.

Partendo dalla constatazione della realtà di fatto di un ambiente (en-

vironment) già contaminato, appare evidente come sia necessario, nell'epoca attuale, parlare di nuovi standard di qualità di vita. Infatti se una volta si riteneva sufficiente fissare dei limiti ambientali per gli inquinanti, espressi in termini relativi, alla luce delle nuove conoscenze appare sempre più impellente la necessità di definire tali limiti in termini assoluti. Ciò significa che se nel passato si riteneva sufficiente fissare le concentrazioni massime ammissibili in termini di mg/l per l'acqua, di mm^3 per l'aria, di mg/Kg per i tossici negli alimenti, oggi è indispensabile valutare l'ambiente nella sua totalità riferendoci al contributo giornaliero dai singoli ambiti (acqua, aria, alimenti) nei confronti del soggetto uomo.

Quale sarà allora il nuovo *standard di qualità*? Sarà ovviamente uno standard relativo che deve obbedire ad un principio fondamentale: la quantità di un tossico non deve raggiungere nell'arco della vita media di un uomo concentrazioni superiori alla soglia che noi indicheremo come *soglia del benessere*.

La soglia del benessere non è facile, anzi, come vedremo, impossibile da definire in assoluto ma è chiaro che lo «standard di qualità» al quale bisogna tendere, sarà allora di volta in volta individuato in funzione dell'ambito che si considera.

Se ad esempio si vuole definire lo standard di qualità per il cadmio (noto cancerogeno) dobbiamo considerare diverse sorgenti legate al comportamento quali, in maniera preponderante, il fumo e gli alimenti. Negli alimenti il cadmio è presente in concentrazioni variabili a seconda del prodotto; il grano e la verdura, prodotti in aree con applicazioni di fertilizzanti su vasta scala, possono contenere da 9 a 36 mg di cadmio, ma la gran parte degli alimenti mostra valori di contaminazione intorno ad 1 mg/Kg. Nell'acqua alimentare il cadmio di solito è in concentrazione inferiore ad 1 $\mu\text{g}/\text{l}$ anche se la sua quantità può aumentare passando attraverso tubazioni metalliche usate per la distribuzione. Nell'aria libera le concentrazioni del cadmio oscillano dal valore 0 a 0.062 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; nell'atmosfera dei posti di lavoro la concentrazione del cadmio può variare da 0.17 a 3 mg/m^3 . Nel fumo di sigarette i livelli del cadmio sono di circa 30 μg per pacchetto.

L'escrezione del cadmio nell'organismo è molto lenta. In questa maniera una persona che dalle varie sorgenti assumesse 62 μg di cadmio al giorno raggiungerebbe all'età di 50 anni una concentrazione nella corteccia renale di 50 $\mu\text{g}/\text{g}$. Oggi sappiamo che la concentrazione di cadmio media nella corteccia renale degli adulti varia da 30 a 80 $\mu\text{g}/\text{g}$ in funzione della nazione di appartenenza. Se ora noi fissiamo la quantità di cadmio massima nell'organismo al disotto della quale non si hanno

fatti patologici del soggetto «uomo» possono verificarsi due casi. Nel primo caso la somma dei contributi dei vari ambiti (aria, acqua, alimenti ecc.) fornisce una dose giornaliera al soggetto «uomo» tale che, nell'arco della sua vita, detto soggetto non raggiunge mai livelli in cadmio pericolosi. Nel secondo, invece, la concentrazione massima viene oltrepassata; in questo caso bisognerà agire su uno degli ambiti riducendone il contenuto al valore necessario. Si tratterà quindi di operare una scelta difficile che assai spesso coinvolge aspetti economici, sociali e politici, individuando quale ambito dovrà essere destinato per primo all'intervento. Evidentemente una prima e rapida azione potrà essere fatta nei riguardi dell'abitudine al fumo, che, essendo un fatto comportamentale, può essere modificato senza particolari costi, anzi, in termini di salute, con minori costi. In altri casi potrà essere possibile intervenire sull'approvvigionamento idrico con idonei impianti di depurazione; analogamente potrà essere fatto nei casi di inquinamento atmosferico. Meno facile sarà l'intervento nel settore degli alimenti per i quali potrà essere studiata una differenziazione in termini dietologici che abbia, comunque, come effetto finale, la riduzione del tasso del metallo pesante che giornalmente il soggetto «uomo» viene ad introdurre nel proprio organismo.

INQUINAMENTO DELL'AMBIENTE

La immissione di un qualsiasi composto chimico, tossico o no, nell'ambiente da una sorgente puntiforme rappresenta il primo passo di contaminazione ambientale. L'inquinante, infatti, si inserisce in un punto qualsiasi di un ciclo naturale, *si accoda* ai composti naturali che percorrono quel ciclo. Noi siamo ben consci della diversa importanza, per quanto riguarda la diffusione degli inquinanti, dell'ambito che va ad essere inquinato. È infatti assai differente immettere un inquinante nell'aria piuttosto che nell'acqua, nell'acqua piuttosto che nel suolo. Nel primo caso, infatti, la dispersione del tossico a grande distanza è assai rapida; nel secondo caso, invece, relativamente lenta.

Se immettiamo nell'atmosfera, ad esempio, con una ciminiera molto alta, un certo composto chimico, esso può diffondersi, in certe condizioni, anche a velocità dell'ordine di 10-30 metri al secondo. Questo significa che in meno di 24 ore esso può raggiungere distanze notevoli, rispetto al punto di immissione. Nell'acqua il prodotto chimico si sposta con la velocità dell'acqua stessa, velocità raramente maggiore di 1 m/sec. Nel suolo, infine, o nel sottosuolo la migrazione di un compo-

sto chimico può essere anche di frazioni di millimetro al giorno per cui la sua diffusione, in termini di tempo, risulta modesta.

La differenza base, comunque, sta nella velocità di trasferimento dell'inquinante internamente ai sistemi ma non inficia la permanenza dell'inquinante stesso. Ciò significa che se l'inquinante nell'atmosfera si sposta internamente al sistema aria, esso arriverà prima di quello che si sposta nel sistema suolo al *bersaglio* (tessuto biologico, acqua superficiale o profonda etc.) ma, in linea generale, con uguale capacità aggressiva.

Questo fatto essenziale indica *che non è sufficiente la mancanza di elementi obbiettivi nell'arco di un breve lasso di tempo per dichiarare immune da rischi ambientali un certo sistema.*

L'immettere nel suolo, ad esempio, quantitativi elevati di scarichi industriali e il non vederli comparire dopo alcuni anni nell'acqua sotterranea o in quella superficiale può indurre all'equivoco che il sistema suolo si autosalvaguardi. Viceversa l'avanzamento del fronte di inquinamento, nel suolo, per quanto molto lento, porta l'inquinante a ricomparire dopo un notevole lasso di tempo, alle volte anche di decine di anni e, per un processo di cromatografia, alle volte anche più concentrato nel punto di uscita.

L'esistenza di numerosi cicli ambientali naturali permette al composto tossico di passare attraverso i vari sistemi. Il punto di inserimento nei vari steps di tali cicli sarà legato alla velocità di spostamento, come già detto, ma ciò non inficierà, ripetiamolo, la persistenza del tossico stesso. Ovviamente i prodotti chimici nell'ambiente possono essere di vario tipo dal punto di vista della loro persistenza. Molti composti, infatti, subiscono rapida biodegradazione; altri sono difficilmente biodegradabili: altri ancora (i metalli) non sono biodegradabili. Infine è da tener presente come molti composti chimici subiscano delle modificazioni nell'ambiente tali da *trasformare completamente* sia la loro struttura chimica sia la loro capacità tossica. I nuovi composti così formati si inseriscono anch'essi nei cicli ambientali con una fondamentale differenza rispetto ai composti originali, rappresentata nel fatto che, di norma, la loro tossicità è completamente sconosciuta.

Potremmo concludere quindi questo capitolo con alcune affermazioni di base:

- a. La patologia dell'epoca moderna è, in gran misura, legata a fattori ambientali più che a fattori biologici.
- b. I *fattori ambientali* sono conseguenti alla immissione nell'ambiente di una sequela di stress chimici e fisici, nonché ai prodotti che per modificazione chimica o microbiologia si sono formati, dai primi, nell'ambiente.

- c. I fattori ambientali *derivati* sono di solito sconosciuti sia per quanto riguarda la loro composizione sia per ciò che concerne la capacità tossica sull'uomo. Molti dati sperimentali su animali, infatti, non sono utilizzabili sull'uomo poiché, in molti casi, la tossicità può essere legata allo specifico metabolismo di quell'animale considerato.
- d. Una ulteriore difficoltà nella valutazione dell'ambiente come responsabile delle forme di morbidità e mortalità umana è legata al fatto che, sebbene si conoscano con una certa accuratezza, molti cicli ambientali, si può dire che la scienza delle dinamiche dei composti chimici inquinanti sia ancora in gran parte sconosciuta.

POPOLAZIONE AD ALTO RISCHIO

Generalità

Quando si discute dell'azione di certi tossici ambientali sull'uomo si ritiene consuetudinariamente il soggetto «uomo» come qualcosa di omogeneo senza tener conto delle variazioni significative che esistono nelle diverse popolazioni. È noto infatti come gli individui di razze diverse abbiano differenti livelli di risposta fisiologica. Non si considera invece quella serie di differenze fondamentali, che, internamente alle singole razze, seleziona individui con capacità di risposta ai tossici molto diverse tra di loro.

È questa la «famiglia» dei soggetti della *popolazione ad alto rischio*.

Tale popolazione è formata da individui che, per *fattori*

- *di sviluppo,*
- *genetici,*
- *dietologici,*
- *patologici,*
- *comportamentali,*

risentono dei tossici nell'ambiente in misura di gran lunga maggiore di quanto non faccia la media della popolazione.

I fattori di sviluppo sono legati all'improprio sviluppo fisico dell'individuo allo stato fetale od infantile e sono classificabili nei seguenti gruppi:

- a. individui che hanno *i sistemi enzimatici di detossificazione immaturi;*
- b. individui che hanno *il sistema immunologico immaturo;*
- c. individui che mostrano *deficienza nella risposta immunologica conseguente all'invecchiamento;*

- d. altri fattori legati all'età (declino della funzione renale ecc.);
- e. *gravidanza*;
- f. *ritmi biologici*.

I fattori genetici sono classificabili in cinque principali categorie:

- a. disordini dei globuli rossi;
- b. disordini serici;
- c. disordini del sistema regolatorio omeostatico;
- d. disordini immunologici;
- e. disordini legati all'assorbimento.

I fattori collegati con la dieta sono classificabili, a loro volta, in:

- a. deficienza in vitamine;
- b. deficienza in minerali;
- c. deficienza in proteine-aminoacidi;
- d. deficienza in grassi;
- e. deficienza in carboidrati.

I fattori legati alle patologie sono rispettivamente:

- a. patologia del cuore-polmone;
- b. patologia della milza;
- c. patologia del fegato.

Fattori, infine, sui quali è teoricamente facile incidere a livello sociale sono quelli *comportamentali* e precisamente:

- a. abitudine al fumo;
- b. abitudine al bere;
- c. abitudine ai farmaci;
- d. abitudine di alimentazione scorretta.

Noi esamineremo alcuni di questi fattori ed in particolare quelli relativi alla risposta biochimica ed ai fattori comportamentali.

FATTORI DI SVILUPPO

Sistemi enzimatici immaturi

È noto che l'individuo appena nato possiede in parte una serie di difese biochimiche che gli sono trasmesse dalla madre durante il periodo di gestazione. Alla nascita, quindi, il bambino ha già un certo bagaglio di difese che, per un certo periodo, lo protegge da alcuni attacchi

esterni sia biologici che chimici. Appena inizia la sua propria attività biochimica nei confronti dell'esterno il nuovo nato è però relativamente indifeso e fino all'età di 3-7 anni è disponibile a malattie tipiche dell'infanzia, alcune delle quali anche di tipo degenerativo.

La scoperta della ridotta o nulla capacità a metabolizzare sostanze chimiche tossiche da parte del feto è un fenomeno ben noto. Molte ricerche sono state compiute al riguardo specialmente in relazione alla trasmissione placentare di composti (specialmente farmaci) somministrati alla madre e passati nel feto. Nel feto è stata riscontrata una trascurabile attività metabolica nei confronti di sostanze estranee anche se si è visto che tale attività aumenta dopo la nascita con velocità dipendenti dalla specie e dal substrato (JONDORF, MAICKEL & BRODIE, 1958).

In genere il metabolismo del fegato dell'embrione formato per molti composti chimici è molto minore di quello dell'individuo adulto. Pelkonen *et al.* (1973) ha dimostrato che il fegato fetale umano metabolizza il 3,4-benzopirene, l'anilina, l'aminopirina e l'esobarbital con una velocità di reazione che va dal 2.4 al 36.1% di quella che si riscontra nell'individuo adulto. Tali ricerche sono confermate da molti autori che attestano intorno al 40% massimo il valore della velocità di reazione metabolica nel feto rispetto all'individuo adulto. Ciò implica che il feto è sensibile all'azione dei tossici per lo meno con un fattore 2 rispetto agli adulti.

Un sistema che è presente in maniera completa negli adulti mentre è deficitario nel feto è quello legato ai microsomi del fegato. Il sistema consiste in due componenti catalitici dell'ossidazione (detossificazione) di molti composti chimici: il primo è il citocromo chiamato P-450 ed il secondo è una flavoproteina che catalizza questo citocromo da parte del NADPH; questa flavoproteina è nota come NADPH-citocromo-P-450 reduttasi. Questo sistema è un potente mezzo di *detossificazione*; ad esempio il colorante cancerogeno 4-dimetilaminoazobenzene viene demetilato ossidativamente a 4-aminobenzene e formaldeide.

Al sistema che implica il NADPH si collegano molti altri sistemi ossidativi (Citocromo C-reduttasi, citocromo b5-reduttasi ecc.).

Se i suddetti sistemi enzimatici sono ben sviluppati nell'adulto non altrettanto si può dire del feto che così è esposto sempre più a processi di bioaccumulo del tossico non riuscendo a smaltirne che una piccola parte proprio per la sua ridotta difesa enzimatica.

Un esempio più complesso che implica sia la detossificazione che l'escrezione è dato dall'inquinamento da PCB (Policlorobifenili).

Calabrese (1977) ha posto in rilievo come molti individui non siano

in grado di detossificare ed eliminare i PCB e quindi come questi ricadano nella popolazione ad alto rischio per detti composti.

I PCB di solito vengono escreti negli adulti mammiferi ed umani in gran parte attraverso la formazione di glucosiduronide o di solfati-coniugati. Ora il feto ed i neonati di 2-3 mesi sono deficienti nel sistema di glucuronidazione e sono pertanto predisposti all'azione di composti come i PCB o composti fenolici.

Un caso drammatico che conferma quanto già detto è dato dalla morte di 30 bambini prematuri (SMITH & WILLIAMS, 1966) trattati con l'antibiotico cloramfenicolo nel corso di una epidemia di malattia infettiva. Il cloramfenicolo è metabolizzato proprio attraverso il sistema di reazione con l'acido glucuronico che nel neonato è praticamente inattivo. Di conseguenza il farmaco fu metabolizzato in misura inferiore alla quantità che veniva introdotta nel corpo e che, quindi, raggiunse il livello letale che diede luogo all'exitus.

Sistemi immunitari immaturi

Come esempio di immaturità del sistema immunitario considereremo quello che implica il ruolo del timo. Il ruolo del timo nei processi immunitari è sempre stato sospettato da quando si è visto che animali timectomizzati perdevano alcune proprietà importanti legate al sistema immunitario. Ad esempio si riscontrava una congrua riduzione dei linfociti del sangue ed una riduzione delle aree delle cellule T nei linfonodi e nella milza. La emissione di timosina da parte del timo (ormone) ha rilevato una stretta correlazione con difese immunitarie legate alle cellule (CMI - cell mediated immunity). La escrezione di timosina diminuisce col passare degli anni in corrispondenza, ovviamente, con la riduzione del volume e della funzionalità del timo. Si ritiene che ciò sia la causa della maggior facilità di molte malattie connesse con la riduzione delle difese immunitarie e che si riscontrano nell'anziano e nei bambini in prima età.

La riduzione, nel tempo, della timosina (e quindi di una parte almeno delle difese immunitarie) darebbe ragione, secondo alcuni autori, del fenomeno di delay (ritardo) riscontrato nell'instaurarsi di processi cancerosi malgrado la probabile costante presenza dell'agente scatenante. Secondo tali autori in realtà lo stato canceroso sarebbe sempre presente e latente nelle cellule del soggetto e si svilupperebbe in modo conclamato solo molto tempo dopo del processo di iniziazione/attivazione in funzione della riduzione delle difese immunitarie.

Sono ben noti i casi dei tumori da asbesto e da arsenico e si sa che

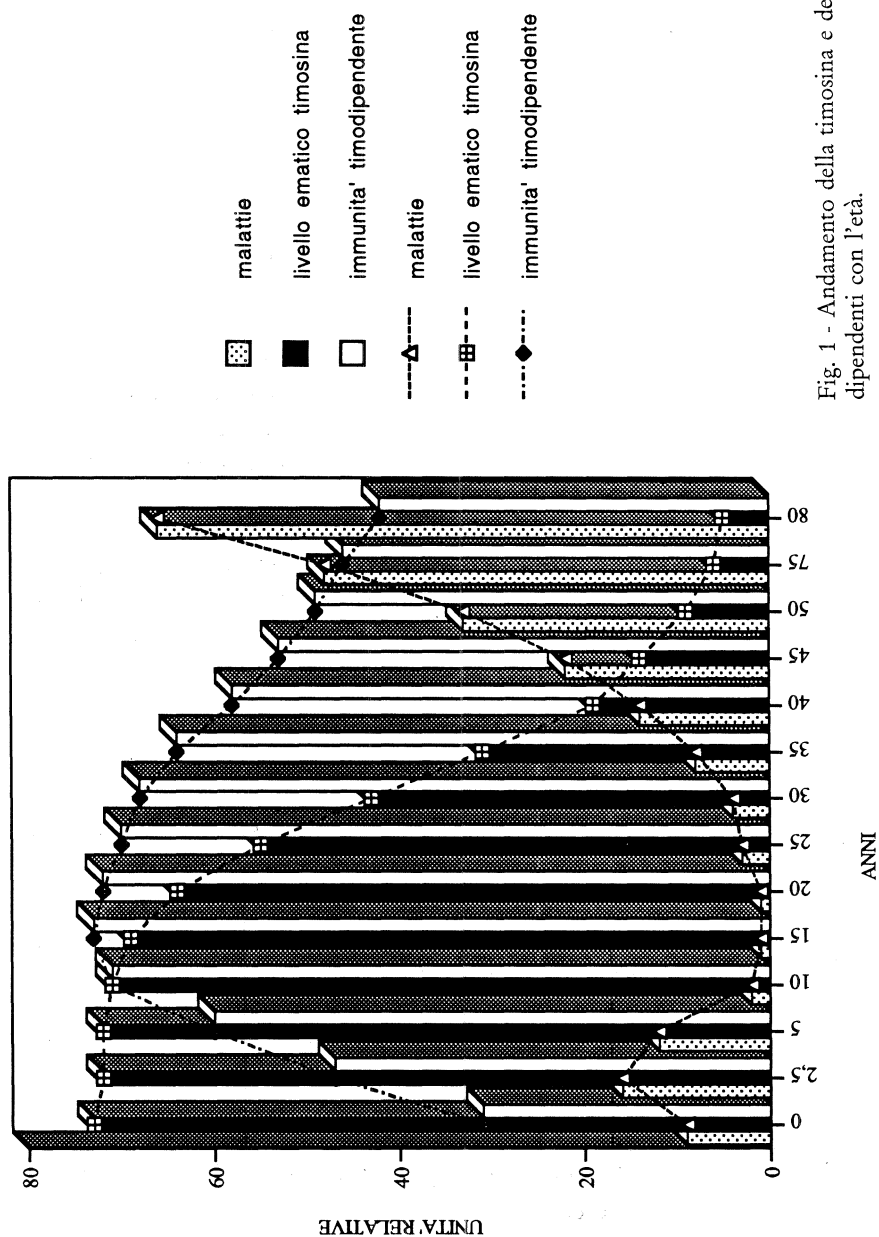


Fig. 1 - Andamento della timosina e dei fattori dipendenti con l'età.

essi si sviluppano dopo un periodo di latenza di circa 30 anni. Analogamente il fumo di sigarette, ben ricco di cancerogeni, provocherebbe una cancerogenesi latente che si svilupperebbe quando le condizioni di difesa immunitaria sono assai deboli per vari motivi e principalmente per l'età del soggetto.

Le persone che hanno, quindi, per motivi di età o di altri processi biologici, una riduzione delle capacità immunitarie entrano nella popolazione ad alto rischio.

Caso particolare: la gravidanza

Una condizione che porta il soggetto in alto rischio è certamente la condizione di gravidanza della donna. È ben noto come la donna gravida subisca numerosi cambiamenti fisiologici che interessano particolarmente il metabolismo del calcio e del ferro. È altresì noto che la carenza di ferro predispone i soggetti agli effetti tossici di metalli come il Cadmio, il Manganese ed il Piombo; nel caso della donna gravida ci si può aspettare una minor difesa nei confronti di tali metalli tossici cosa che, in realtà, è stata indirettamente verificata attraverso le condizioni dei bambini così partoriti.

Particolarmente importanti sono stati gli studi nei confronti delle donne gravide che hanno visto come soggetti chimici i composti organoclorurati; vi sono prove evidenti di una alterazione congrua dei processi naturali di gestazione dell'embrione che può portare all'aborto o ad altre patologie significative della sfera genitale femminile.

Il ciclo circadiano

Un altro fattore, infine, molto importante nell'ambito dei fattori di sviluppo, è quello legato ai cicli biologici e, specificatamente, a quelli circadiani.

È ben noto come il nostro corpo segua, nelle sue cinetiche funzionali, dei cicli. Tali cicli possono durare frazioni di secondo, come nel caso di alcune attività del cervello, alcuni secondi per quanto riguarda il cuore e la respirazione o un mese come nel caso dell'ovulazione. Nell'arco di 24 ore, inoltre, molte funzioni dimostrano di ripetere sempre lo stesso ciclo che, pertanto, è chiamato circadiano (circa diem = intorno al giorno).

Tipici cicli circadiani sono quelli della crescita cellulare, della mitosi, dei livelli ormonali, della temperatura corporea, dell'attività del sistema nervoso centrale ecc.

È intuibile che uno stress ambientale, che colpisca un soggetto in un momento in cui un certo processo di difesa si trovi al suo minimo energetico del processo ciclico circadiano, potrà avere una capacità aggressiva di gran lunga più *efficace* rispetto al momento in cui, invece, il soggetto si trova in quella fase del ciclo circadiano cui corrisponde il massimo delle condizioni di difesa.

Molti fatti *significativi* della vita biologica dell'individuo (morte, nascita ecc.) si verificano prevalentemente nel momento di minima attività, dal punto di vista dei cicli circadiani (*rest span*), mentre ciò risulta meno frequente negli altri periodi di «all'erta» (*activity span*). Così agenti chimici cancerogeni sembra inducano effetti maligni in funzione della periodicità circadiana durante la quale vengono assunti dall'organismo.

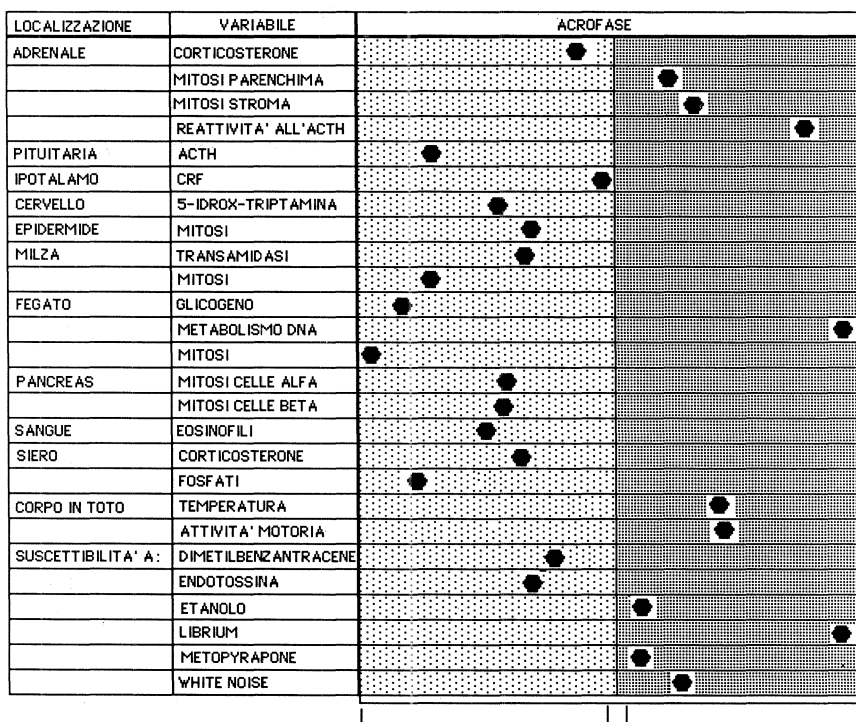
Il significato dei cicli circadiani può essere spiegato ricordando che i ritmi specifici degli organi, lenti o veloci che siano, devono coordinarsi con il metabolismo che fornisce energia e nutrimento alle cellule ed ai tessuti e detti ritmi debbono integrarsi tra di loro e con l'ambiente in cui si trovano. Il corpo riesce a far ciò sviluppando quello che è chiamato ordine sequenziale nel tempo. Ed è proprio l'organizzazione circadiana che impone una forma di interazione tra le varie funzioni del corpo che permette al corpo umano stesso di adattarsi progressivamente all'ambiente terreno (HALBERG 1960).

Ritmi circadiani ben noti sono quelli riscontrati nella crescita cellulare, nella mitosi, nei livelli ormonali, nella temperatura del corpo, nell'attività del sistema nervoso centrale ed anche, ciò che ha interesse per l'argomento specifico trattato, nella risposta a stimoli e stress da parte di agenti chimici o biologici esterni alla struttura fisica del soggetto (agenti xenobiotici).

Nella sperimentazione su animali, si è visto, a tal proposito, come il Benzopirene, noto cancerogeno, inducesse tumori maligni secondo criteri di periodicità circadiana: lo sviluppo di tumori era dunque correlabile con il momento in cui il cancerogeno veniva somministrato. In Figura sono riportati alcuni casi correlabili con i cicli circadiani.

Le considerazioni dei vari ricercatori sono riassumibili in una definizione di Calabrese (1978): sembra che tutti gli individui abbiano periodi, nell'arco delle 24 ore, in cui, come individui, sono più suscettibili ai vari stressori ambientali. Se i dati da cui si derivano gli standards di qualità ambientali non tengono conto di questi punti deboli, la adeguatezza degli standards per proteggere la salute pubblica è molto problematica.

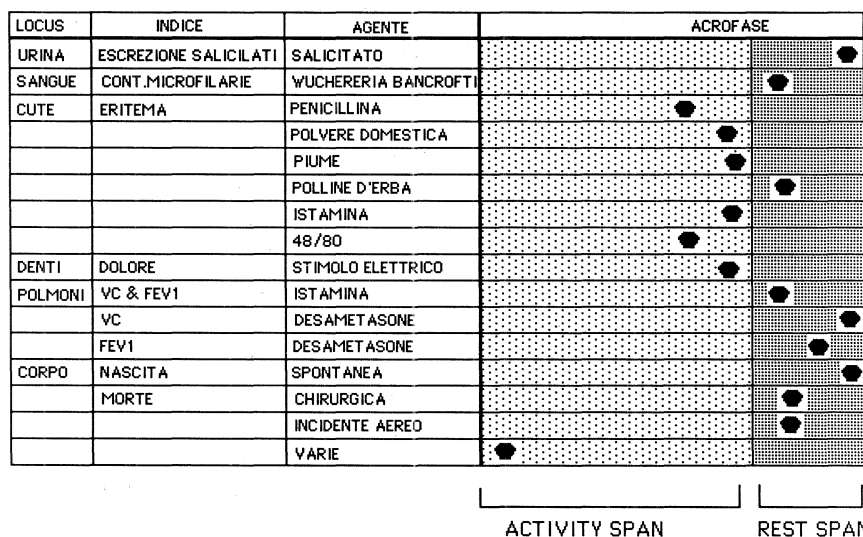
Nella valutazione, quindi, dei fattori tossici ambientali dovremo tener conto di questi momenti in cui anche la popolazione normale risulta *predisposta* e quindi classificabile come ad *alto rischio*.



SPAN DI 12 ORE DI LUCE

SPAN DI 12 ORE DI BUIO

Fig. 2 - Sistema circadiano nel topo. (●) rappresenta la acrofase.



ACTIVITY SPAN

REST SPAN

Fig. 3 - Sistema circadiano nell'uomo (●) rappresenta la acrofase. Suscettibilità a vari agenti chimici, stress od avvenimenti.

L'età

Abbiamo già posto in evidenza la riduzione delle difese immunitarie in funzione diretta dell'età parlando del timo e del suo ormone timosina. Ma altri effetti non solo negativi sono propri dell'età avanzata probabilmente interagenti e coderivati da fattori comuni. Ad esempio l'assorbimento di metalli pesanti è molto più elevato nei giovani e giovanissimi che non nell'adulto e si riduce man mano che passano gli anni. Stronzio, Piombo e Ferro sono tra i metalli più noti in questo fenomeno.

La clearance renale per i fluoruri aumenta progressivamente fino all'età di 50 anni e poi decresce. L'effetto delle radiazioni è più sensibile nei bambini che non negli adulti nel senso che bastano 5-10 rads nel bambino per ottenere ciò che nell'adulto richiede più di 50 rads.

I disordini genetici

Si calcola che almeno 150 disordini genetici siano presenti in maniera quantitativa nella popolazione umana (STANBURY J. B., WYNGAARDEN J. B. & FREDRICKSON D. S., 1972). Molti di questi sono stati individuati come predisponenti per gli effetti tossici di alcuni inquinanti.

Cinque gruppi principali di disordini genetici sono di particolare interesse: la talassemia, la deficienza dell'enzima Glucosio-6-Fosfato Deidrogenasi, la deficienza dell'Antitripsina alfa-1 serica (SAT), le varianti della pseudocolinesterasi, la deficienza di Immunoglobulina A (IgA).

La *Talassemia*, come è noto, chiamata anche anemia mediterranea, è caratterizzata da un'anomalia nella velocità di sintesi dell'emoglobina. In termini fisiologici la sindrome talassemica, causata dalla mancanza di produzione di emoglobina e di sintesi di globina non bilanciata, porta allo sviluppo di agglomerati instabili di globina precipitata. Ciò porta ad un danno della membrana degli eritrociti con una vita media delle suddette cellule ridotta. Il trasporto di ossigeno, di conseguenza, è pure ridotto.

La frequenza della talassemia è particolarmente elevata per gli abitanti delle regioni mediterranee, del Medio Oriente e dell'Estremo Oriente; dal 7 al 15% della popolazione della Sicilia e Sardegna sembra soffrire di tale disordine genetico ma anche popolazioni della Turchia, dell'India, del Sudan e della Thailandia presentano elevate percentuali di soggetti talassemici.

Pochi studi sono stati fatti sulla suscettibilità dei talassemici agli agenti inquinanti malgrado l'evidente importanza che tale stato di predisposizione rappresenta. Peraltro, dalle poche indagini realizzate si è potuta

rilevare una sensibilità aumentata dei talassemici, rispetto alla popolazione comune, al piombo, al benzene ed agli ossidanti, in particolare, l'ozono (TOCHE *et al.*, 1960).

La deficienza della *Glucosio-6-Fosfato Deidrogenasi* (G-6-PD) è un disordine genetico legato al sesso che si caratterizza principalmente da un difetto biochimico degli eritrociti difetto che interferisce fortemente nella integrità stessa della membrana eritrocitica. Ciò significa che soggetti deficienti in G-6-PD non sono in grado di mantenere la integrità della membrana dei globuli rossi in condizioni di stress emolitico. Le prime indicazioni su tale tipo di disordine genetico vengono dalla terapia anti-malarica dove si scoperse che alcuni farmaci del tipo dei sulfonamidi, nitrofurani sulfoni ed altri, provocavano elevata sensibilità emolitica nei soggetti. Poiché molti composti di origine industriale presenti nell'ambiente hanno caratteristiche simili ai suddetti farmaci è facile aspettarsi una elevata sensibilità dei soggetti stessi anche alla contaminazione ambientale.

È specialmente nei confronti dell'ozono e probabilmente di tutti gli ossidanti che i soggetti deficienti in G-6-PD possono essere considerati ad alto rischio per possibile azione emolitica. Tale azione può portare ad una crisi acuta di emolisi dopo circa 3 ore di esposizione ad una concentrazione di ozono di 0,5 ppm.

Secondo Beutler (1972) l'incidenza di tale deficienza negli Stati Uniti è molto elevata comprendendo più dell'11% della popolazione maschile nera. Nella popolazione bianca essa varia notevolmente. Secondo Stokinger e Mountain (1963) e Lazarow (1954) la distribuzione della deficienza è dello 0,1% nei bianchi Americani, dello 0,1% nei Britannici, tra 1 e 2% nei Greci, tra 1 e 8% nei Sardi, dello 0,3% negli Indiani asiatici, dell'11% negli Ebrei mediterranei, tra il 12 ed il 13% nei Filippini.

La deficienza nella *Immunoglobulina A* (IgA) è un altro disordine genetico del tipo immunologico assai importante. È noto che la IgA è la maggiore immunoglobulina presente nella saliva, nelle lacrime, nelle secrezioni nasali, bronchiali e gastrointestinali nonché nel colostro (EISEN, 1974; KOISTINEN, 1975). Il suo ruolo consiste nella protezione delle superfici secretorie nei confronti di composti estranei e la sua deficienza è stata indicata come causa della sensibilità di molti soggetti a malattie infettive o a patologie eziologicamente non identificate principalmente dell'apparato respiratorio. La frequenza tra la popolazione normale di tale deficienza è stata calcolata tra lo 0,0003 e lo 0,0030%; assumendo una frequenza dello 0,0025 si può calcolare che, nei paesi occidentali si potrebbero avere più di 2.500.000 di soggetti ad *alto ri-*

schio per IgA deficienza (KOISTINEN, 1975; CASSIDY & NORDBY, 1975; COLLINS-WILLIAMS *et al.*, 1975; FROMMEL *et al.*, 1973; NATVIG *et al.*, 1971; PAI *et al.*, 1974).

Tutto quanto finora esposto si è sviluppato per millenni senza contrasto se non quello, naturale, dell'evoluzione che selezionava i soggetti più forti e resistenti. E ciò sino all'avvento della moderna farmacologia.

Con tale avvento l'uomo ha incominciato ad andare *contro natura in senso evoluzionaristico*. Infatti l'intervento massiccio di farmaci anti-immunitari e la progressiva farmacodipendenza ha portato ad esseri che vivono e si riproducono anche senza avere le caratteristiche di autodifesa che la natura richiederebbe. Si sono creati, in senso naturalistico, dei *mostri* immunitari, *assolutamente ben accettati sul piano umano, sia ben chiaro*, ma ripudiabili nel criterio evoluzionistico della natura.

L'indebolimento immunitario dell'uomo ha avuto conseguenze drammatiche anche se difficilmente ravvisabili dalla popolazione comune. L'individuo è diventato sempre più facile preda di malattie infettive, di malattie auto-immunitarie (quante le forme di allergia oggi esistenti), di tumori e, in genere, di molte forme patologiche che possono, in maniera maggiore o minore, essere legate all'influenza dell'ambiente in cui l'individuo vive.

Già per quanto concerne l'aspetto dell'immunità timo-dipendente abbiamo visto come esistano significative differenze tra l'individuo allo stato fetale, quello nella prima infanzia, nella floridità della giovinezza, nella maturità della età media e nella vecchiaia. Se consideriamo che i processi biochimici legati al timo ed alla timosina, per quanto esempi significativi, sono solo due della grande e complessa famiglia delle reazioni di difesa immunitarie, appare evidente che l'età è già di per sé un fattore importantissimo nella verifica della reattività individuale ad uno stress.

Il primo e l'ultimo periodo della vita sono, intuitivamente, quelli a maggior rischio nei confronti di uno stress ambientale mentre il minimo rischio è nell'età da 10 ai 20 anni ed un medio rischio nell'età matura.

FATTORI COMPORTAMENTALI

Data la complessità dei fattori genetici e gli aspetti ovvi dei fattori dietologici e di quelli legati alla patologia riteniamo più significativo considerare, come secondo gruppo, i fattori comportamentali. Di essi, di gran lunga più significativo è quello dell'abitudine al fumo. Infatti al-

cuni *comportamenti* dell'individuo tendono a portarlo in una esposizione, maggiore del normale, ad alcuni specifici inquinanti. Nel caso del fumo il *comportamento* tende addirittura ad aggiungere una esposizione addizionale a vari inquinamenti. Come è noto, il fumo della sigaretta ha un effetto paralizzante sulle ciglia del polmone con conseguente irritazione della struttura tissutale e modifiche generali della funzionalità respiratoria; ma il fatto più importante è collegato alla presenza di numerosissimi composti cancerogeni o iniziatori di tumori presenti nel fumo di sigaretta. Ovviamente tale fenomeno tossico viene espletato anche su soggetti che non fumano ma che sono costretti a respirare il fumo degli altri in quanto vivono in un ambiente di fumatori. Ciò è particolarmente drammatico nel caso dei bambini che iniziano, così, ad accumulare tossici cancerogeni fin dalla prima infanzia. Oltre all'effetto intrinseco del fumo ve n'è un altro importantissimo da considerarsi: quello della *creazione di individui ad alto rischio*. Infatti il fumatore è notoriamente un soggetto predisposto all'azione tossica di molti composti chimici esistenti nell'ambiente. I fumatori risentono più rapidamente ed in misura maggiore dell'inquinamento atmosferico in quanto già predisposti a livello polmonare a una fase acuta delle azioni caustiche e aggressive dei polluenti atmosferici; risentono ancora della presenza di prodotti cancerogeni esistenti negli ambienti di lavoro per l'effetto contemporaneo degli altri cancerogeni intrinseci alla composizione del fumo stesso di sigarette; sono estremamente facilitati nella generazione di malattie cardiovascolari ed agli effetti sinergici di altri fattori comportamentali.

L'*alcool*, ad esempio, esalta l'azione di cancerogeni presenti nel fumo e, in maniera analoga il fumo esalta l'azione tossica di tale fattore comportamentale. Un forte consumatore di *alcool* ha una probabilità (espressa in rapporto di rischi) di un cancro orale di 2.33; se però la persona è anche un grosso fumatore la probabilità sale di colpo a 15.5.

L'abitudine all'uso, alle volte indiscriminato, di *farmaci* porta a stati di «eccitazione» o di «disattivazione» delle strutture fisiologiche dell'individuo. Accoppiati con momenti particolari del ciclo circadiano tale concentrazione di farmaci può provocare una esaltazione di fenomeni tossici.

Resta ancora da accennare alla erronea *alimentazione* che tante volte porta l'individuo a sovraccaricare l'organismo sì da renderlo predisposto a fatti tossici. E d'altro canto è intuibile come molte funzioni fisiologiche (funzione renale ecc.) incontrino notevoli interferenze in un soggetto dietologicamente squilibrato.

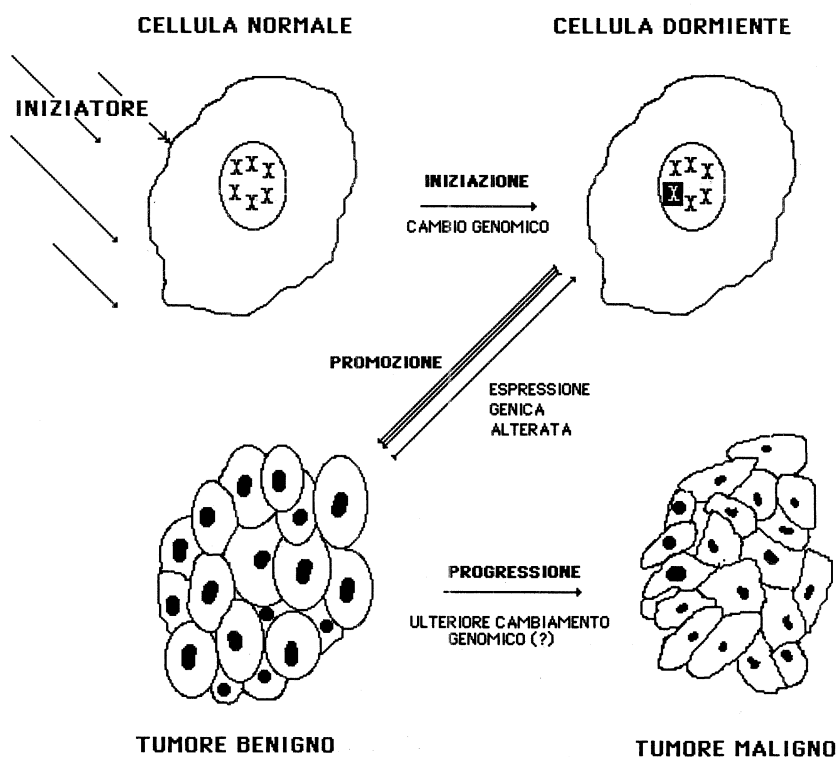


Fig. 4 - Progressiva evoluzione dell'attivazione cancerogena nella cellula.

MUTAGENESI E CANCEROGENESI AMBIENTALE

Un cenno ancora va fatto ai processi di mutagenesi e cancerogenesi ambientale che si trovano in stretta relazione con il fenomeno delle popolazioni ad alto rischio. È ovvio infatti che tali popolazioni saranno di gran lunga più predisposte ai fenomeni mutageni e cancerosi di quelle che hanno predisposte difese immunitarie e biochimiche consistenti.

Il concetto di mutagenesi ambientale si riferisce alla modificazione genetica conseguente ad un'azione dell'ambiente ossia ad una modificazione di quelle informazioni essenziali che una cellula trasmette a quella che essa sta generando. Come è noto, infatti, la cellula umana, animale o vegetale, ha a disposizione una funzione informativa genetica che invia, nel corso della riproduzione della cellula stessa, informazioni precise su come la nuova cellula deve essere costruita. Indica, in pratica, quali proteine devono essere sintetizzate, come le stesse devono essere assemblate nelle varie strutture cellulari.

Questo sistema «*informativo*» può proseguire nel tempo in maniera indefinita fino alla morte fisiologica dell'individuo, producendo copie esatte della cellula madre. Tutto prosegue indisturbato fintanto che qualche stress chimico o fisico non interferisca. Questa interferenza, che può essere anche naturale, modifica il pacchetto di informazioni portando ad una nuova entità cellulare, differente, in maniera maggiore o minore, dalla cellula progenitrice. In natura esistono frequenti alterazioni della «informazione genetica» e ne è prova la presenza di specie nuove nel contesto di un ecosistema. Se noi esaminiamo, ad esempio, un prato costituito da culture apparentemente omogenee di graminacee, ci accorgiamo, con una verifica attenta, che una certa parte di esse ha sviluppato, ad esempio, una resistenza naturale ai metalli pesanti, senza che vi sia, in quell'ecosistema, una loro concentrazione particolarmente elevata.

Questa modifica della «informazione genetica» che viene trasmessa successivamente alle generazioni successive, viene comunemente definita come «mutazione». Pertanto la «mutazione» è un processo naturale che si ripete, con minor o maggior frequenza a seconda degli ecosistemi considerati.

Se sul normale svilupparsi di queste mutazioni si inserisce una azione esterna, come ad esempio quella di un prodotto chimico o di una radiazione fisica, il fenomeno può amplificarsi, realizzando nuove specie biologiche con caratteristiche differenti dalla struttura progenitrice. La cellula è, come si dice, *mutata*.

È ben noto come molti composti chimici utilizzati nell'era moderna siano in grado di produrre delle mutazioni cellulari; alcune di queste, in particolari condizioni e sotto l'azione combinata di più processi confluenti, possono dar luogo a processi patologici indicati, clinicamente, come tumori. È qui necessario sottolineare subito un concetto che deve essere ben chiaro: i composti mutageni non sono necessariamente cancerogeni. È vero il contrario e cioè che tutti i cancerogeni sono anche mutageni. Anche se i due fenomeni sono collegati, la individuazione della capacità mutagenica non significa assolutamente che vi sia nello stesso tempo una capacità tumorigena.

Di tale aspetto vedremo alcuni elementi qualitativi e quantitativi che spiegheranno ampiamente il perché di tale fenomeno. Ma, prima di scendere in questi dettagli, bisogna porci la domanda su quale tipo di «popolazione» la «mutazione» va a realizzarsi, chiederci, cioè, quale è il soggetto passivo del processo di mutazione.

Siamo abituati a parlare di popolazione come di una struttura omogenea ed uniforme; quando pensiamo all'azione di uno stress (chimico o fisico) non ci poniamo il problema se la *popolazione* che lo subisce

abbia, nel suo contesto, una reattività *differenziata*: diciamo solo che il *tal* composto chimico è tossico per la *popolazione*.

È ciò un errore di *superficialità* assai grave che porta spesso a conclusioni errate. Per cercare di capire quale è la *reale reattività dei soggetti* che subiscono lo stress, dobbiamo fare alcune considerazioni.

Abbiamo già accennato come il fenomeno della cancerogenesi sia legato a quello della mutagenesi. Un composto chimico cancerogeno è sempre mutageno mentre un composto mutageno in moltissimi casi non è cancerogeno. In realtà il processo di cancerogenesi è un processo multistadio che si realizza attraverso molti e diversi passaggi biochimici.

Il fenomeno va riferito, come minimo, a due reazioni successive ma sembra che, normalmente, gli stadi di reazione siano, in numero, superiori a cinque.

Indipendentemente dal numero degli stadi di reazione è certo che, perché si realizzi un tumore, sono necessari due specifici momenti: il momento di *iniziazione* (*initiation*) ed il momento di *promozione* (*promotion*).

Il momento di *iniziazione* è svolto da un composto chimico (iniziatore) che è mutageno e che esplica un'azione irreversibile ed additiva senza una *threshold* apparente. Questo composto sembra legarsi in maniera covalente al DNA o ad altre macromolecole cellulari.

Il processo di *promozione*, invece, è svolto da un composto chimico che non necessariamente è cancerogeno e che, di solito, viene a contatto con la cellula «iniziata» molte volte con esposizione prolungata. Sembra esista un *threshold* ed il composto non è mutagenico. Particolarmente importante è che il composto promotore, nei suoi stadi primari di azione, mostra una reazione reversibile e non additiva. Questo fatto spiega, in buona misura, il sorprendente risultato che si riscontra nei casi in cui dopo una «iniziazione» il processo di «promozione» viene ad essere sospeso. In tal caso, anche un eventuale inizio di tumore può regredire ed annullarsi.

Questo fenomeno è descritto più volte dalla Organizzazione Mondiale della Sanità relativamente al problema del fumo. È noto che un forte fumatore di tabacco sviluppa nel tessuto polmonare una serie di microulcere precancerose che sono la conseguenza della attività mutagena (iniziazione) dei numerosi composti chimici presenti nel fumo. La varietà di composti chimici è tale che sono presenti contemporaneamente sia i composti iniziatori che i composti promotori. Questo porta alla iniziazione delle cellule cutanee polmonari ed alla successiva promozione (ulcere precancerose) delle stesse. Se il contatto con l'agente promotore viene interrotto (ad esempio se il soggetto interrompe l'abitudine

al fumo) non esistono più le condizioni di continuità di esposizione al promotore, condizioni necessarie perché il processo precanceroso diventi canceroso irreversibile. Il tessuto polmonare regredisce nella sua condizione patologica fino a cicatrizzare le ferite iniziali.

Se, invece, l'agente promotore continua il contatto con il substrato già «iniziato» la probabilità di sviluppo di un tumore diventa tanto più grande quanto più lungo è il periodo del suddetto contatto.

Il processo mutageno-cancerogeno, quindi, è legato al tempo di esposizione della cellula alla coppia iniziatore-promotore. Lo svilupparsi della patologia finale richiede, in alcuni casi, molti anni di «induzione» per i motivi che adesso appaiono chiari. E questo spiega il fatto che molti fumatori incalliti muoiono di morte «naturale» senza sviluppare alcuna patologia tumorale. In realtà è molto probabile che essi abbiano sviluppato una condizione precancerosa che non riesce a trasformarsi in quella «cancerosa» perché il «soggetto» perviene al exitus prima della trasformazione medesima.

Questo fatto viene definito di solito attraverso il concetto di «*tempo di induzione*» che rappresenta il periodo in anni necessario perché la cellula, dopo la «iniziazione», subisca i molti hits (aggressioni o stress chimici) provocati dai composti «promotori» ed è anche il tempo di attesa che le difese dell'organismo, come abbiamo visto, degradino a livelli sufficienti perché l'agente tossico possa agire.

Vi è quindi una «*speranza*» di difesa indiretta del nostro organismo nei confronti dei composti cancerogeni legata, per assurdo, alla brevità della vita umana. Forse è, quindi, una *fortuna* che il limite della vita umana sia condizionato da un numero critico massimo di riproduzioni della cellula genitrice oltre al quale subentra la *scomparsa biologica*.

BIBLIOGRAFIA

- BEUTLER E., 1972 - *Glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency*, in STANBURY J. B., WYNGAARDEN J. B. & FREDRICKSON D. S., 1972, *The Metabolic Basis of Inherited Disease*, McGraw-Hill New York).
- CALABRESE E. J., 1978 - *Pollutants and High Risk Group - The biological basis of increased human susceptibility to environmental and occupational pollutants*. Wiley-Interscience ed. New York.
- CASSIDY J. T. & NORDBY G. T., 1975 - *Human serum immunoglobulin concentrations: Prevalence of immunoglobulin deficiencies*. J. Allerg. Clin. Immunol., 55: 35-48.
- COLLINS-WILLIAMS C. et al., 1975 - *Incidence of isolated deficiency of IgA in the serum of Canadian children*. Ann. Allerg., 30: 11-23.

- EISEN H., 1974 - *Immunology: An Introduction to Molecular and Cellular Principles of the Immune Response*, Harper & Row, New York.
- FROMMEL D., MOULLEC J., LAMBIN P. & FINE J. M., 1973 - *Selective serum IgA deficiency: frequency among 15.200 French blood donors*. Vox. Sang., 25: 513-518.
- HALBERG F., 1960 - *The 24-hours scale: A time dimension of adaptive functional organization*. Perspect. Bio. Med. 3: 4.
- JONDORF W. R., MAICKEL R. T. & BRODIE B. B., 1958 - *Inability of newborn mice and guinea pigs to metabolize drugs*. Biochem. Pharmacol. 1: 352-354.
- KOISTINEN J., 1975 - *Studies of selective deficiency of serum IgA and its significance in a blood transfusion*. Doctoral Dissertation-University of Helsinki.
- LAZAROW H., 1954 - *Relation of glutathione to hormone action and diabetes*. In Glutathione - S. Colowick Ed. Academic Press New York.
- NATVIG J. B., HARBOE M., FAUSA O. & TVEIT A., 1971 - *Family studies in individuals with absence of gamma-A-globulin*. Clin. Exp. Immunol. 8: 229-236.
- PAI M. K. R., DAVIDSON M., DEDRITIS I. & ZIPURSKY A., 1974 - *Selective IgA deficiency in Rh-negative women*. Vox. Sang., 27: 87-91.
- PELKONEN O., KALTIALA E. H., LARMI T. K. & KARKI N. T., 1973 - *Comparison of activities of drug-metabolizing enzymes in human fetal and adult livers*. Clin. Pharm. Therap. 14: 840-846.
- STANBURY J. B., WYNGAARDEN J. B. & FREDRICKON D. S., 1972 - *The Metabolic Basis of Inherited Disease*. McGraw-Hill New York.
- STANBURY J. B., WYNGAARDEN J. B. & FREDRICKON D. S., 1972 - *The Metabolic Basis of Inherited Disease*. McGraw-Hill New York.
- STOKINGER H. E. & MOUNTAIN J. T., 1963 - *Test for hyper-suscepribility to hemolytic chemicals*. Arch. Environ. Health, 6: 57.
- TOCHE L., LEJEUNE F., TOLAT F., MAURIQUANT C. & BARON M. M., 1960 - *Lead Poisoning and Thalassemia*. Arch. Mal. Prof., 21: 329.

RIASSUNTO - Nuove patologie connesse con l'ambiente: ruolo delle popolazioni a basso, medio ed alto rischio.

La definizione di standards di qualità ambientali rappresenta quanto di più difficile possa esservi se si tiene conto della variabilità della popolazione esposta. In realtà lo studio della tossicologia ambientale e della ecotossicologia, ossia della scienza che valuta la diffusione e la modificazione dei tossici nell'ambiente, prima che giungano all'uomo, è ancora, si potrebbe dire al medio evo. Poco si conosce - e solo di alcuni composti - delle modifiche che i composti immessi nell'ambiente subiscono ma soprattutto nella stesura degli standards ambientali per l'essere umano si ricorre all'estrapolazione dei dati di tossicologia animale adattandoli, attraverso fattori di sicurezza, all'uomo medio. Ma qual è uomo medio? È quello europeo, quello americano, quello asiatico? E quali sono i fattori che differenziano i vari tipi di uomo dal punto di vista della risposta ai tossici. Per chi, in realtà sono stati definiti gli standards di qualità ambientale? Quale tipo di uomo è protetto? A fronte di una contaminazione ambientale quanto mai differenziata si trova un essere umano che non può mai essere definito medio a meno di non voler selezionare una specifica popolazione. È ben noto, infatti, come già nell'ambito di un gruppo ristretto di persone si individuino differenze biochimiche e di reattività individuale allo stress chimico o fisico dell'ambiente anche di notevoli dimensioni. Pertanto, come si possono unificare le risposte in modo da ottenere

uno standard ambientali il più possibile protettivo senza essere riduttivo della libertà del singolo. È questo il grande problema che l'A. pone in rilievo esaminando i vari fattori che portano di volta in volta il soggetto uomo in condizioni temporanee o permanenti di alto o medio rischio. Per tali gruppi di popolazione, se statisticamente significativi, i limiti ambientali vanno definiti ad hoc tenendo conto dei fattori genetici, comportamentali, circadiani ecc.

ABSTRACT - New Environmental Pathology: Role of the High Risk Group.

Environmental Standard Assessment must be done on the basis of the complete knowledge of the human subject to be protected. We know that the human population differs in a very broad range with regard to the response to environmental stresses depending of a variety of genetic, race, age, time and behaviour factors. With the regard to the capability to react to chemical and/or physical stresses we could classify the populations as belonging to three classe of risk: high, medium, and low risk group. Therefore to define a unique standard for the whole population could be an epidemiological error because it is possible that a large part of the population will be not protected. Talking of a mean human being is a nonsense because it is impossible to summarize all the biochemical and physiological factors differentiating the humans on the earth. Before to be enforced, an envirototoxicological standard must be assessed. To assess an effective environmental standard to protect, from most of the primary chemical stresses, the greater part of the exposed population, a frequency distribution in the high, medium, and high risk groups of that population must be calculated through a very sofisticated epidemiological, biochemical and clinical screenings. Then an economic, social, and political costs and benefits analysis must be done to choose which level of risk could be accepted with a standard protecting an X% of the total population disregarding the 100-X high risk group belongs. The Author analyses many factors able to rank the human being in the three risk group: Growth Factors, Genetic Factors, and Behavioral Factors. In the first group, immature enzymatic systems, immature immune system, pregnancy, circadian cycles and the age are considered. In the second group, the main genetic disorders: Thalassemia, Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase (G-6-PD) Deficiency, and Immunoglobuline A (IgA) Deficiency. Finally, in the third group, special emphasis has been given to the behavioral factors as the smoking habit, alcohol consumption, immoderate nutrition, and abnormal use of pharmaceuticals. In the last part of the paper the Author highlights the connection, with the behavioral factors, of the carcinogenic and mutagenic processes, analyzing the roles of many chemicals present in the cigarette smoke as main actors in the initiation process and as promoters themselves in the developing tumors.

SESSIONE I

**DINAMICA AMBIENTALE DEI CONTAMINANTI
CHIMICI E RIFLESSI SULLA QUALITÀ DELLA VITA**

SECTION I

**CHEMICAL ENVIRONMENTAL DYNAMICS
AND ITS RELATIONSHIPS TO LIFE QUALITY**

JOSEPH A. COTRUVO

THE ROLE OF CHLOROFLUOROCARBONS IN DEPLETION OF STRATOSPHERIC OZONE AND THE RESULTING INCREASED HUMAN HEALTH RISK

ABSTRACT

Billions of kilograms of chlorofluorocarbons have been used for many years as refrigerants, solvents, aerosol propellants and in foam blowing. These are usually chemically inert and have very low toxicity. In 1974 atmospheric chemists proposed that chlorine from these products was reacting with ozone to reduce its concentration in the stratosphere and thus permit increased amounts of ultraviolet radiation to reach the surface of the earth and increase the rate of skin cancer in humans.

In 1987, 75 countries agreed to eliminate the uses of CFCs by the year 2000 and replace them with substitutes that are less ozone depleting. The latest satellite measurements of stratospheric ozone indicate that the rate of decrease is even greater than predicted.

Following is a short discussion of the abbreviated nomenclature used in this subject area:

ODP = Ozone Depletion Potential

Index of the capacity of a chemical to reduce ozone in the stratosphere compared to CFC₁₁. (CFC₁₁ ODP is defined as 1.0)

CFC = Chlorofluorocarbon - contains only chlorine, fluorine and carbon

eg. CFC₁₁ = Fluorotrichloromethane

HFC = Hydrofluorocarbon - contains only hydrogen, fluorine and carbon

eg. HFC₃₂ = Difluoromethane

HCFC = Hydrochlorofluorocarbon - contains hydrogen, chlorine, fluorine, and carbon

eg. HCFC₁₂₄ = Chlorotetrafluoroethane

The system for common names for these chemicals includes the letters HCFC etc depending upon the chemical type and a subscript number.

The first digit in a 3 digit number is 1 less than the number of carbons in the molecule.

The second digit is 1 *more* than the number of hydrogens.

The third digit equals the number of fluorides in the molecule.

So, for example, HCFC₁₂₄ is the hydrochlorofluorocarbon - 1 chloro-1,2,2,2-tetrafluoroethane.

Since the first digit is 1, the molecule has 2 carbons.

The second digit is 2, so it has 1 hydrogen.

The third digit is 4, so it has four fluorides.

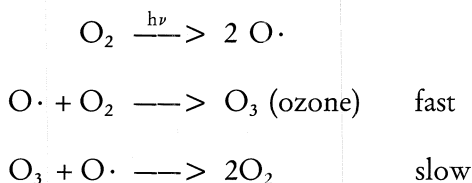
Therefore, by difference, there must be 1 chlorine to make a total of 6 substituents on the ethane carbons. 1H + 4F + 1 Cl.

Two digit numbers are methane derivatives and follow the same nomenclature rules if one assumes the first missing digit is zero (eg. HCFC₂₂ - would be chlorodifluoromethane 1 C, 1 H, 2 F, 1 Cl).

DISCUSSION

Concerns over the global environmental consequences of fully halogenated chlorofluorocarbon (CFCs) are centered on their possible contributions to changes in stratospheric ozone levels and global warming. Ozone is found in parts per million levels in the upper troposphere and stratosphere. Most of the ozone is located between 20 and 50 km above the Earth's surface; the highest ozone concentrations (10 ppm) are at about 20-25 km. Ozone absorbs solar ultraviolet radiation and thus reduces the amounts of UV-A (> 320 nm) and UV-B (280-320 nm) at the surface of the Earth; UV-C (200-280 nm) is totally absorbed. The concerns associated with reduction of stratospheric ozone levels are based on increased transmission of solar ultraviolet radiation to the surface of the earth and associated increased risks of skin cancer, cataracts, immune system suppression and ecosystem damage. Ozone is also a greenhouse gas, and in conjunction with fluctuations of other chemicals can contribute to global warming. This discussion will focus on ozone depletion and human and ecological risk considerations.

The rate of formation of ozone is determined by the amount of solar radiation reaching the Earth's oxygen atmosphere. The amount of ozone present at various levels of atmosphere is a function of the presence and reactivity of various chemicals that affect the rate of decomposition of ozone.

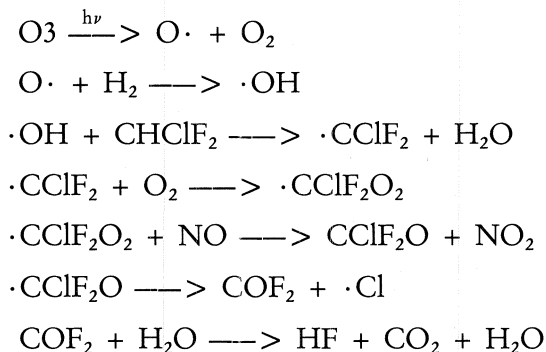


Numerous chemicals can react with ozone in the presence of UV light. These include methane, nitrogen oxides, water vapor and halogenated hydrocarbons including chlorofluorocarbons.

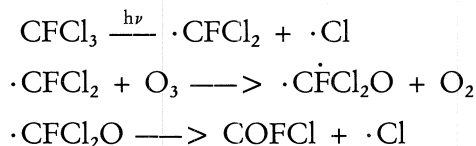
The extent to which organic chlorine compounds released at the Earth's surface reach the stratosphere depends on the efficiency of their being scavenged in the troposphere.

Atmospheric chemistry is very complex so only few illustrations of possible processes are provided below.

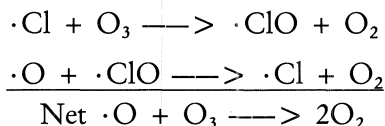
Some chemical reactions in the troposphere are illustrative of some of the processes that may occur to decompose an HCFC.



Some other chemical reactions in the *stratosphere* are illustrative of some of the processes that may occur to decompose a CFC and reduce ozone.



CATALYSIS



For most volatile organic substances, decomposition occurs in the troposphere. Chemical reactions with hydroxyl radicals formed in the troposphere from ozone photolysis in the presence of methane, carbon monoxide and nitrogen oxides provide an important removal mechanism for halocarbons containing CH and C = C bonds. However, the majority of fully halogenated chlorofluoro-carbons (CFCs) such as CFC₁₁ and CFC₁₂ are chemically non reactive in the troposphere and transport to the stratosphere with subsequent photolysis then becoming the only significant removal process. Replacements for these CFCs include HCFs and HCFCs and these should be removed to a large extent in the troposphere by reactions with hydroxyl radical and ultraviolet photolysis, thus minimizing contributions of chlorine and other halogens to the stratosphere from this source.

Ozone Depletion Potentials (ODPs) are defined relative to CFC₁₁ and CFC₁₂. They can be used as quantitative predictors of relative ef-

fects of halocarbons on stratospheric ozone. The models that have been used indicate that the ODPs of HCFCs are often about one tenth or less of the ODPs of CFC₁₁ or CFC₁₂.

Table 1 - Ozone Depletion Potentials Model Estimates

Species	ODP	Species	ODP
CFC 11	1.0	HFC 125	0
CFC 12	0.9 - 1.0	HFC 134a	0
CFC 113	0.8 - 0.9	HFC 152a	0
CFC 114	0.6 - 0.8	HCFC 141b	0.07 - 0.12 (or more)
CFC 115	0.3 - 0.5	HCFC 142b	0.05 - 0.06
HCFC 22	0.04 - 0.06	CCl ₄	1.0 - 1.2
HCFC 123	0.013 - 0.016	CH ₃ CCl ₃	0.1 - 0.16
HCFC 124	0.016 - 0.024		

Transport of a chemical from the earth's surface to the troposphere and stratosphere may take many years, and some substances may survive for many years in the stratosphere. Thus, some of these substances may take many years to begin to show appreciable effects on ozone levels, and the effects could continue for decades after the surface releases of those chemicals had stopped.

In the long term virtually all manufactured CFCs are released to the atmosphere. They are not destroyed in the troposphere but eventually diffuse up into the stratosphere where they are slowly decomposed by solar radiation producing the chlorine species that are significant contributors to ozone destruction.

Ozone depletion models have been developed which predict that worldwide stratospheric ozone levels could decline several percent in the 21st century. Recent measurements have demonstrated continued decreases of ozone in winter in the northern hemisphere and new evidence of decrease in spring and summer in the northern and southern hemisphere and southern winter. In the Antarctic, ozone holes have continued to occur and concurrent large increases of UV have been measured at the surface and the ozone decreases are concurrent with increased levels of reactive chlorine species in the stratospheric. See Figure I.

Chemical reactions that occur in the troposphere where there is less UV radiation and higher temperature and pressures are often different from those that occur in the stratosphere and have different consequences (i.e. increasing ozone at the lower level and decreasing it in the stratosphere).

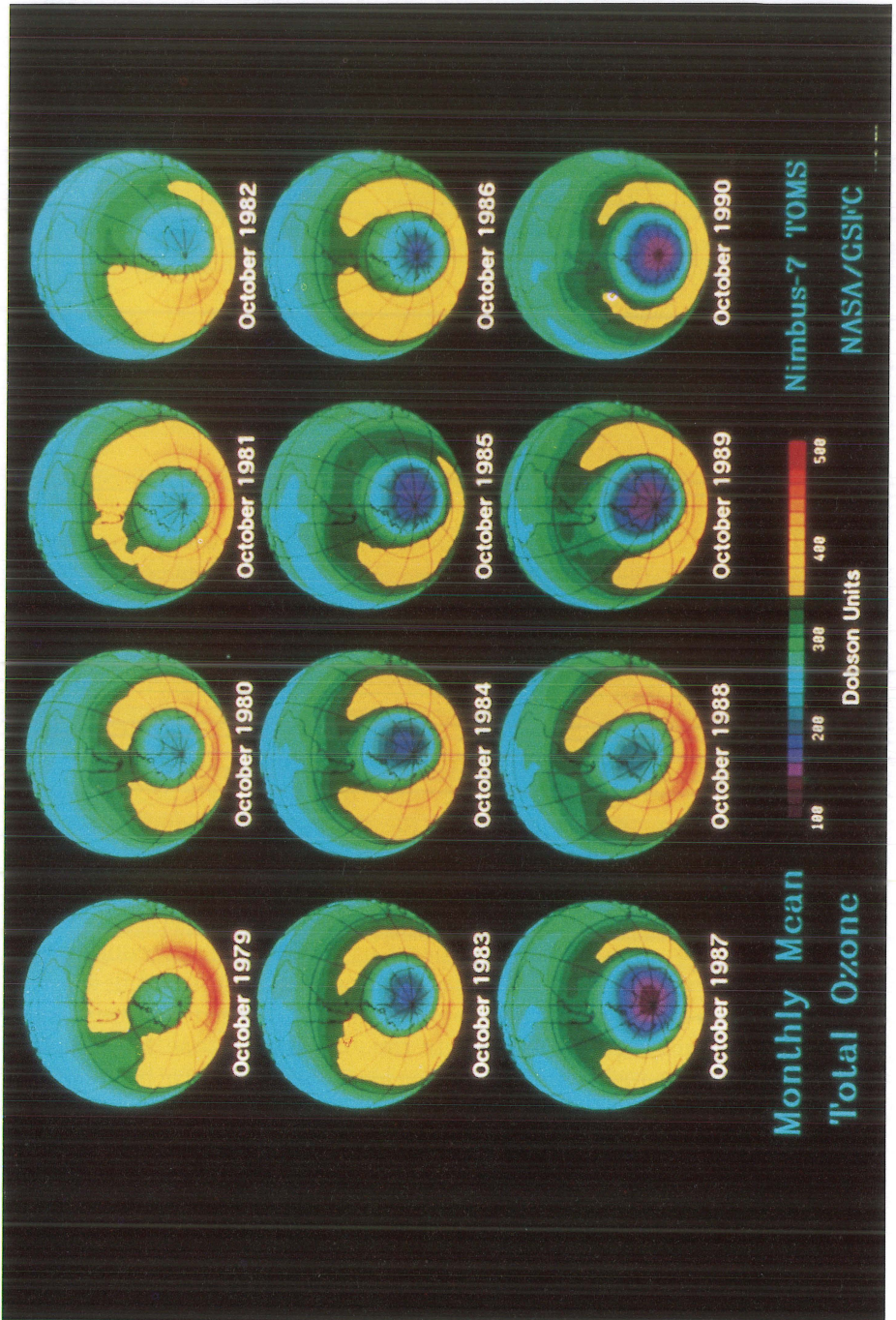


Table 2 - Traces gas affecting ozone concentrations

Gas	Formula	Average lifetime atmosphere (years)	Average global concentration (ppov)	Annual rate of increase (percent)
CFC 11	CFCl_3	75	0.23	5
CFC 12	CF_2Cl_2	110	0.4	5
CFC 113	$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$	0.90	0.02	7
Halon 1301	CF_3Br	110	very low	11
nitrous oxide	N_2O	150	304	0.25
carbon monoxide	CO	0.4	variable	0.2
carbon dioxide	CO_2	7	344,000	0.4
methane	CH_4	11	1,650	1

EFFECTS OF INCREASED UV RADIATION

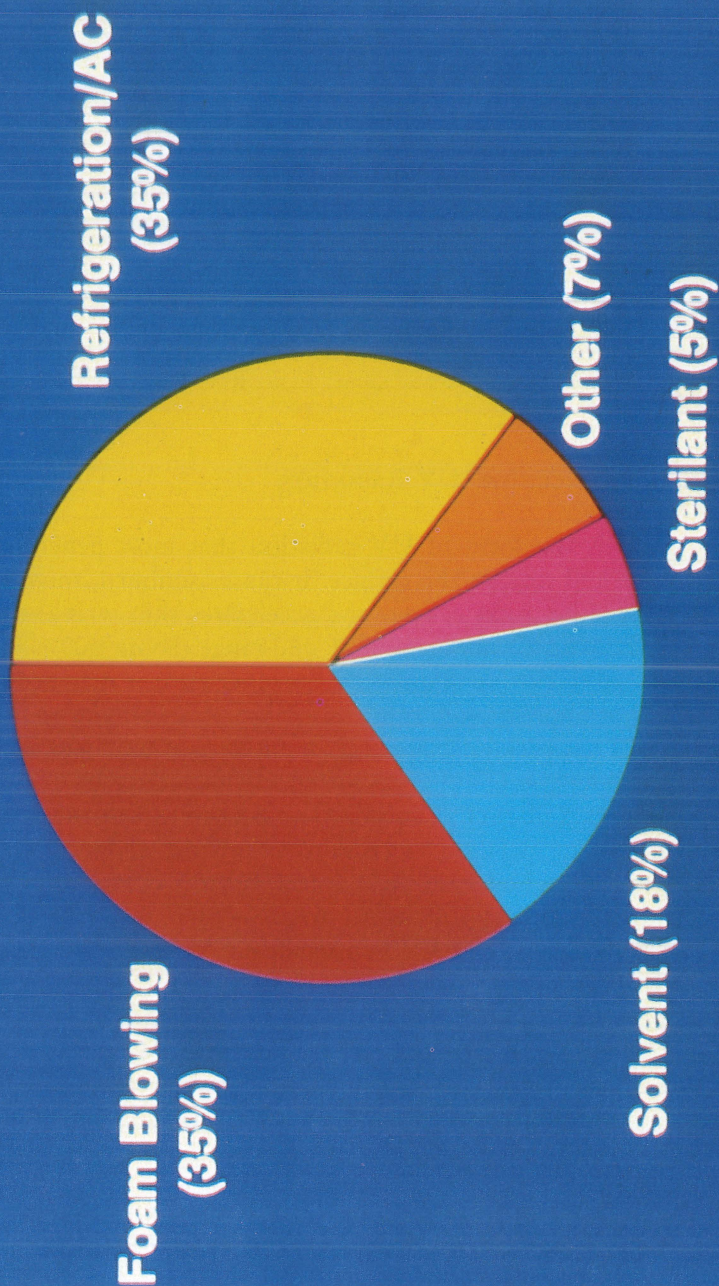
UV-B is the form of UV radiation that most penetrates the atmosphere and reaches the surface. It causes sunburn, snow blindness, cataracts, actinic skin cancer, and accelerates skin wrinkling.

At the equator about 30% of mid-range (about 300 NM) UV-B is transmitted to the Earth's surface. In other areas it may drop to about 10%, but at high latitudes summer exposures are similar to those at the equator. It has been estimated that a 1% drop in total ozone concentration increases the UV-B transported to the surface by 2%.

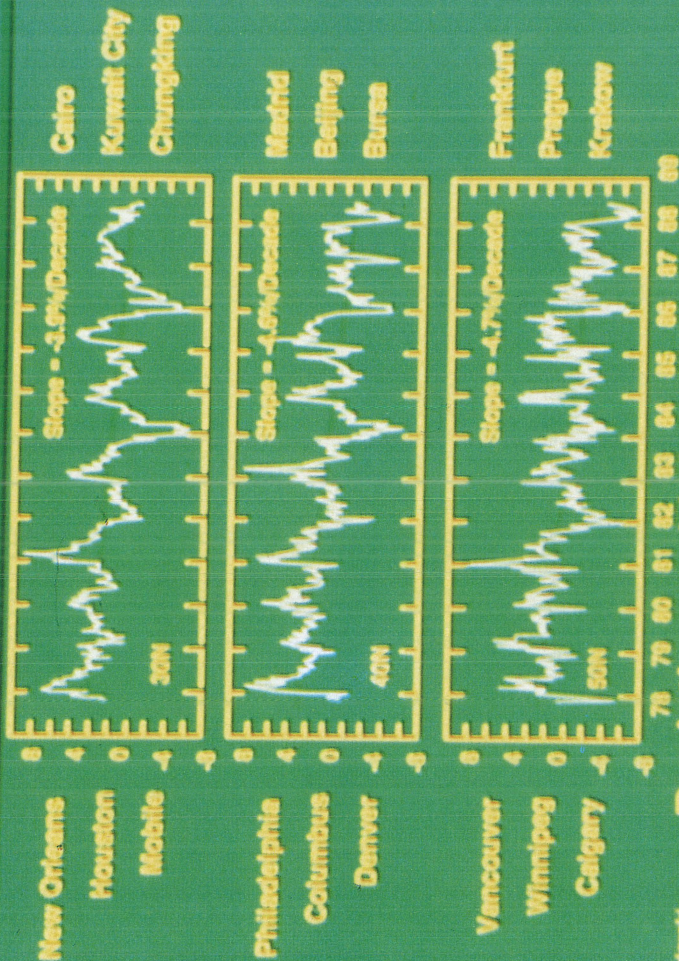
Both rates of curable localized skin cancers and the more significant malignant melanomas would be increased by increased exposure to UV radiation. Localized skin cancers are more common among lighter rather than darker skinned people. Among caucasians in the United States of America the current lifetime incidence of localized skin cancers is between 12 and 30 per 100 persons (i.e. approximately 400,000 to 500,000 cases per year; and there is an inverse relationship with latitude. The U.S. National Academy of Sciences has estimated that a 1% decrease in ozone would increase the incidence of skin cancer by 2%. Other research estimates that a 10% increase in UV-B radiation would increase the incidence of melanoma by 8 to 10% on parts of the body exposed to sunlight.

In Europe, the rate of increase of malignant melanoma is on the order of 3% per year. However, the rates of malignant melanomas are much higher in the north rather than the south. Some have rationalized this observation on the «Costa Brava effect» wherein fair skinned

End Uses of CFCs in U.S.



Disturbing New Satellite Data



Depletion as high as 5% over U.S.

Source: Richard Stolarski,
Goddard Space Flight Center, 1991

northerners receive extensive solar exposure during vacation periods in the south.

Another analysis estimated that a 1% decrease in stratosphere ozone would result in about 0.6% to 0.8% increase in cortical cataracts.

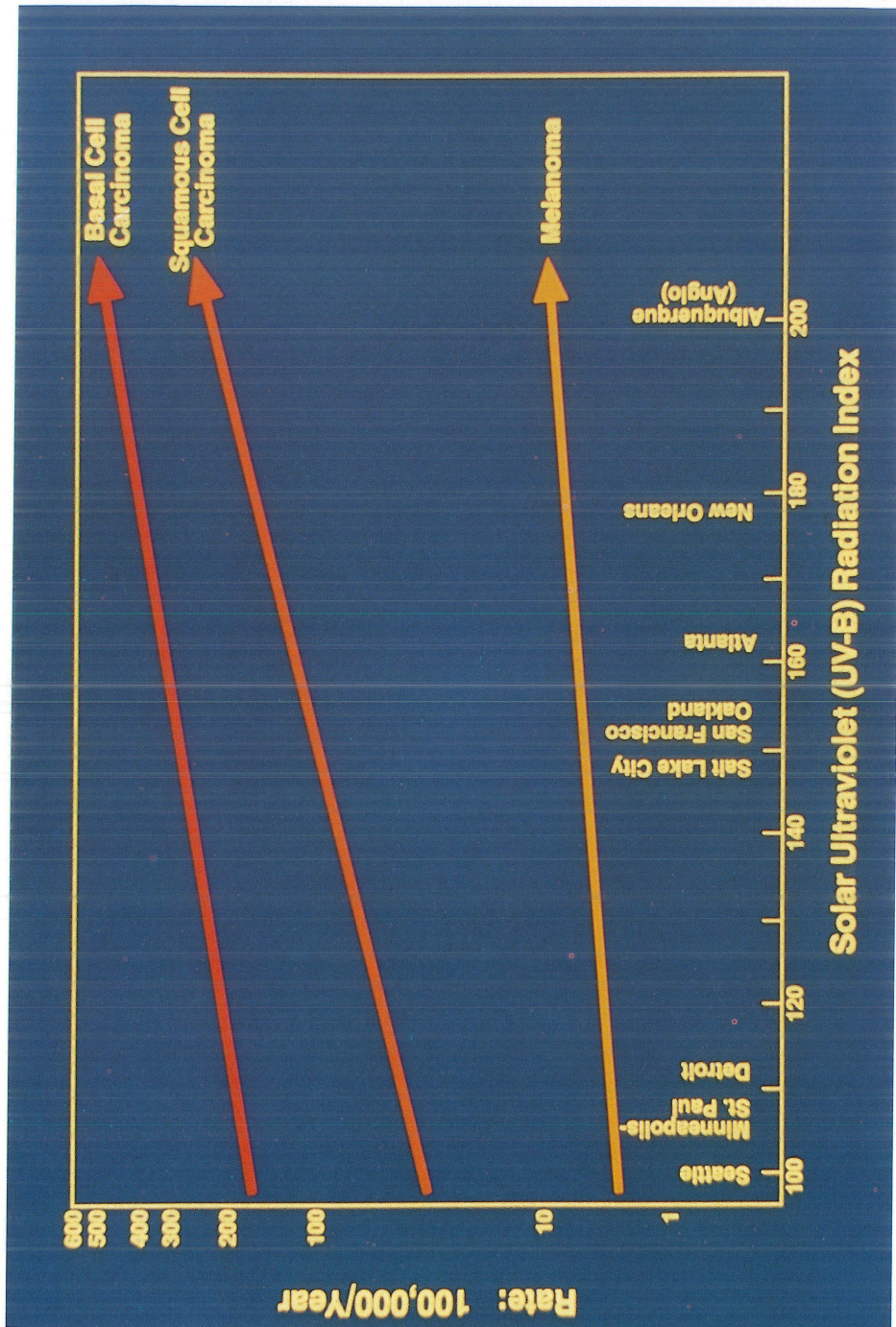
The immune system function can be adversely affected by excess UV-B radiation. It is suspected that this could increase the frequency of herpes infection as well as increase the susceptibility to cancer.

Adverse effects of excess UV-B have been demonstrated on two thirds of 200 plant species tested for UV sensitivity. Species such as cotton, pear, beans, melons and cabbage grow more slowly. The rate of photosynthesis can be decreased and thus total mass reduced. Timber and grasses may also be affected.

Uses of Chlorofluorocarbons and Halons and Substitutes

Chlorofluorocarbons have many important commercial uses and these are in the process of being phased out and less ozone depleting substitutes are being developed. Numerous considerations must be factored into selections of suitable substitutes including energy efficiency, ODP, flammability, safety, toxicity and retrofit possibilities. Some of the major use areas are described below:

- I. Commercial and residential refrigeration and air conditioning account for about 9% of the ozone depletion potential of CFCs (CFC 11, 12, 114, 500, 502). These include refrigerators in food stores, chillers - air conditioners for large commercial and industrial buildings, cold storage facilities, residential refrigerators, refrigerated transport (trucks, railcars). Substitutes include HCFC22, HFC 134a, HCFC 142b and non fluorocarbons such as ammonia.
- II. Mobile air conditioners are the largest single use of CFC's in the United States, and account for about 19% of ODP. CFC 12 is the only refrigerant used in automobiles and trucks. Out of 15.3 million motor vehicles manufactured or imported into the U.S. in 1985, more than 80% had factory installed air conditioners. Current alternatives include recovery and recycling of the refrigerant and CFC blends of (eg. HCFC 22/142b). Future substitutes could include HFC 134a and HCFC 22.
- III. Production of plastic products and foam insulation account for about 28 - 35% of ODP (CFC 11, CFC 12). Major uses are in house and building insulation, cushioning and packaging. Alternatives include



non foam insulators such as fiberglass, non CFC blowing agents, and recovery and reuse of blowing agent during production.

- IV. Sterilization of medical equipment and instruments account for about 5% of CFC and ODP (Mixtures of CFC12 and ethylene oxide). Alternatives include recycling, use of pure ethylene oxide and radiation sterilization.
- V. Solvent cleaning of electronic parts accounts for about 18% of ODP (CFC 113 etc). Alternatives include CFC blends with alcohols, terpenes, aqueous cleaners, hydrocarbon solvents.
- VI. Aerosol propellants and other miscellaneous uses account for about 5% of ODP (CFC 11 and 12). Most aerosol uses have been banned and only certain «essential» uses have been exempted such as in mining, aircraft and military. Alternatives include HCFC 22, 142b and technology changes.
- VII. Fire Extinguishing.

Halons are bromine-containing halocarbons used in portable fire extinguishers and in total flooding systems and they have much greater ODP's per unit than CFC's. They are used because they leave no residue and do not readily damage electronic equipment. Alternatives are not readily available for these specialty beneficial uses and efforts are aimed at limiting accidental and incidental releases.

INTERNATIONAL CONTROLS ON CFCs

The theory linking CFC's to ozone depletion was first proposed in 1974. In 1977 the United Nations Environment Program convened a meeting of experts to draft a World Plan of Action on the Ozone Layer. In 1977-78 several nations including the United States unilaterally limited or banned use of CFC's aerosol propellants. In 1985 the Convention for Protection of the Ozone Layer was adapted by 21 nations and the European Economic Community. The partners pledged to protect human health and environment from the effects of ozone depletion and provided for international cooperation in research, observation and information exchange. In 1987 the 75 nations agreed to limit the production and consumption of CFCs and halons. In response to the development of further scientific evidence of additional ozone depletion, the Parties, at the 1990 meeting in London, agreed to eliminate the production and consumption of CFCs and halons, in addition to other ozone

depleting chemicals such as carbon tetrachloride, methyl chloroform, and other fully halogenated CFCs not originally regulated under the Protocol.

The Protocol also includes a non-binding resolution regarding use of HCFCs as interim substitutes, calling for the use of HCFCs only where other alternatives are not feasible, with a phaseout by 2020, and no later than 2040 in any case. The Parties also adopted additional trade sanctions against nations that fail to join or comply with all or part of the protocol. In addition, they established a fund to provide technical and financial assistance to aid qualifying developing countries make the transition away from ozone depleting substances. In the United States legislation was passed in 1990 that dealt directly with control of ozone depleting substances. This included provisions to:

1. Phase out ozone depleting chemicals on a specific time table related to the Montreal Protocol.
2. National recycling program to reduce emissions of ozone depleters.
3. Recycling in mobile air conditioning uses.
4. Bans on non essential consumer products.
5. Labeling requirements for ozone depletion.
6. Assessments safe alternatives.
7. Restrictions on purchasing of ozone products by the federal government.

The law also included an excise tax on CFC's and Halons to make use of such products economically undesirable. The tax is assessed on the producer and is computed by multiplying the base tax by the ozone depleting potential times the number of pounds. The base tax rate increases by year in order to further discourage use of ozone depleters.

Year	Base Tax
1990, 1991	\$1.37
1992	1.67
1993, 1994	2.65

The base tax increases by \$0.45 per year after 1994. There is no tax on recycled chemicals.

CONCLUSION

Thus, sound theory and experimental observation provide a convincing case for the linkage between production of CFCs and their ultimate migration to the stratosphere where decomposition occurs result-

ing in the generation of chlorine species that react with ozone to reduce its concentration. Ozone in the atmosphere absorbs substantial amounts of UV radiation, therefore, reduced ozone allows a larger portion of solar UV radiation to penetrate to the Earth's surface. Increased human exposure to UV has been shown to increase risks of skin cancer and other adverse health effects, and studies have also demonstrated the adverse effects of excess UV exposures to numerous plants, trees and food crops. Most countries are drastically reducing or eliminating CFC usage.

It is likely that due to the latest satellite information demonstrating a greater than expected loss of ozone at the South Pole and in temperate regions, the time tables for elimination of CFC use will be accelerated.

BIBLIOGRAPHY

The views expressed in this paper are those of the author and are not necessarily those of the US EPA.

The assistance of Dr. Reva Rubenstein and Steve Seidel of EPA's Office of Air and Radiation and Peter Kahn and Roxane Bogart in the development of this paper is acknowledged.

Several sources were liberally used as sources of the information in this paper. They include:

1. *Scientific Assessment of Stratospheric Ozone 1989*. Volume II Appendix: AFEAS Report World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No. 20.
Relative Effects on Stratospheric Ozone of Halogenated Methanes and Ethanes of Social and Industrial Interest by D. A. FISHER, C. H. HALES, D. L. FILKIN, M. K. W. KO, N. D. SZE, P. S. CONNELL, D. J. WUEBBLES, I. S. A. ISAKENSEN and F. STORDIAL.
The Tropospheric Lifetimes of Halocarbons and their Reactions with OH Radicals: An Assessment Based on the Concentration of ^{14}CO by R. G. DERWENT and A. VOLZ-THOMAS.
Tropospheric Reactions of the Haloalkyl Radicals Formed from Hydroxyl Radical Reaction with a Series of Alternative Fluorocarbons by R. ATKINSON.
2. *Clean Air Act Amendment of 1990*, Title VI. Report 101-952. October 26, 1990.
3. BUTLER M. - *Science Magazine Research News*. Vol. 254 22 November 1991, pp. 1114-1115.
4. *Scientific Assessment of Stratospheric Ozone*, 1991. 22 October 1991. - Executive Summary.
5. *The Ozone Layer*, UNEP/GEMS. Nairobi, 1987.
6. *Chemical and Engineering News*, December 16, 1991, p. 4.
7. ROWLAND F. S. - *A Threat to Earth's Protective Shield*, EPA Journal, December 1986, pp. 4-6.
8. MINTZIS M. M. - *Skin Cancer: The Price for a Depleted Ozone Layer*. EPA Journal, December 1986, pp. 7-9.

ABSTRACT - The Role of Chlorofluorocarbons in Depletion of Stratospheric Ozone and the Resulting Increased Human Health Risk.

Billions of kilograms of chlorofluorocarbons have been used for many years as refrigerants, solvents, aerosols propellants and in foam blowing. These are usually chemically inert and have very low toxicity. In 1974 atmospheric chemists proposed that chlorine from these products was reacting with ozone to reduce its concentrations in the stratosphere and thus to permit increased amounts of ultraviolet radiation to reach the surface of the earth and increase the rate of skin cancers in humans. In 1987, 75 countries agreed to eliminate the uses of CDCs by the year 2000 and replace them with substitutes that are less ozone depleting. The latest satellite measurements of stratospheric ozone indicate that the rate of decrease is even greater than predicted.

RIASSUNTO - Ruolo degli idrocarburi clorofluorurati nella riduzione dell'Ozono stratosferico ed il rischio connesso con tale riduzione.

Per molti anni miliardi di chili di idrocarburi clorofluorurati (Freon) sono stati usati come refrigeranti, solventi, come propellenti nelle bombolette di aerosols e come agenti schiumogeni. In genere tali composti hanno una bassa tossicità e sono chimicamente inerti. Nel 1974 i chimici dell'atmosfera hanno suggerito che il cloro liberato da questi prodotti reagiva con l'ozono riducendone la sua concentrazione nella stratosfera e quindi consentendo un aumento della radiazione ultravioletta che raggiungeva la superficie terrestre con conseguente aumento del numero di casi di tumore della pelle negli esseri umani. Nel 1987, 75 paesi raggiunsero un accordo per eliminare l'uso di tali composti (CFCs) entro l'anno 2000 e sostituirli con composti che siano meno riduttivi dell'ozono. Peraltro le ultime misurazioni da satellite dello strato di ozono indicano che la sua riduzione è ben maggiore di quanto ci si aspettava.

GORDON CHESTERS

TRANSFORMATIONS AND DIFFUSION OF PESTICIDES IN THE ENVIRONMENT

I have worked in the pesticide field for over 30 years and in the past 10 years have become increasingly interested in how science is brought into the decision-making process particularly with regard to regulation of the use and control of pesticides. This interest stems from the fact that in the United States and in Wisconsin in particular the pesticide regulatory process has become an emotional issue in which the environmental activists have largely controlled the agenda. I think there is some decrease in the emotionalism, but the research scientist must become more aggressive in evaluating available data on pesticide incursion into drinking water and particularly groundwater. In rural areas of the United States, most inhabitants use groundwater as their source of drinking water.

WATER QUALITY STANDARDS

The European Community (EC) has set drinking water standards for pesticides at 0.1 $\mu\text{g/L}$ or parts per billion (ppb) for each compound with a maximum total of 0.5 ppb. The standards were set in the EC in 1983 when information was largely available on only organochlorine and organophosphorus compounds. Because of their high adsorption levels they were not a groundwater threat. Such standards imply that each compound has equal toxicological significance. This is obviously not true and the standards would have undergone endless debate in the United States with environmentalists saying the standard is not rigid enough for some «probable carcinogens» and manufacturers arguing that they are far too rigid for pesticides classified as «possible car-

cinogens» and pesticides showing no evidence of carcinogenicity. In Wisconsin, a two-tier system has been pioneered and developed for setting standards. On tier known, as the Preventive Action Limit (PAL), is the level of pesticide in groundwater which when exceeded, raises a red-flag to warn the State's Department of Agriculture, Trade and Consumer Protection that a significant threat to groundwater quality may be occurring. The second tier - 10 times greater for pesticides than the PAL - is called the Enforcement Standard (ES). If water contamination reaches this level the regulatory agency is required to do something to minimize the impact and prevent further pollution. In the case of pesticides the course of action is usually to stop the use of the compound until the contaminant level in the aquifer has reached a concentration below the PAL for a minimum of 2 years. As an example, the current PAL for atrazine is 0.35 ppb and the ES is 3.5 ppb. A ban on the use of atrazine in a small area of the state was introduced nearly 2 years ago when water in several farmers' drinking water exceeded 3.5 ppb. For other important herbicides, the PAL is 0.05 ppb for alachlor and 1.5 ppb for metolachlor; the ES values are 0.5 ppb and 15 ppb. Note that the two chloracetanilide herbicides are structurally very similar. The difference of 30 fold in the standard is based on alachlor's classification as a «probable carcinogen» and metolachlor as a «possible carcinogen». The difference is that there is a small amount of evidence that the «possible carcinogen» is carcinogenic to rats but the experiments were not conclusive, while «probable carcinogens» have displayed significant carcinogenicity to rats in statistically reliable experiments. Wisconsin also has a drinking water standard of 10 ppb for aldicarb which was an important insecticide/nematocide previously used on potatoes. When Wisconsin threatened to reduce the water quality standard to 1 ppb on the basis of claims of immunosuppression, a compromise was reached between the manufacturing company then Union Carbide (now Rhone Poulenc) and the state. It was agreed that if Union Carbide removed the product from the Wisconsin market the state would not act on the 1 ppb standard. The 10 ppb standard remained in effect in states where aldicarb is still used on other crops such as cotton, citrus and peanuts. The Wisconsin ban was only the sale of aldicarb. It did not prevent a farmer from using the compound if he already had it on hand or if he purchased it in another state. The ban was not effective in its first year because many farmers has already purchased the compound. With time, the use of the compound was markedly curtailed. However, in March 1990, Rhone Poulenc removed the registration of aldicarb for use on potatoes everywhere in the United States.

PESTICIDE DEGRADATION

In soils three types of degradation of organic compounds are recognized: photodegradation, chemical degradation and microbial degradation. Photodegradation is not a particularly significant process because light penetrates soil only to a depth of a few millimeters. It may have greater significance in surface water. Much of the photodegradation work on pesticides has been conducted on glass slides either in the laboratory under artificial light or in the field under extreme sunlight where temperatures often reach as high as 55 °C at the surface of the slide. Such experiments clearly show that photodegradation can be achieved under the right conditions, but shed no light on whether it is a significant process in soils.

Degradation studies are frequently carried out under sterile and non-sterile conditions, to determine whether pesticides are degraded by a chemical mechanism or whether the reaction is mediated by one or more microorganisms. Experiments are also conducted to determine whether compounds are more rapidly degraded under aerobic or anaerobic conditions. Many problems await the experimentalist who hopes to determine accurate rates and pathways of pesticide degradation. First and foremost is our inability to measure degradation rates under field conditions. It is not possible to use radiotracer labeled compounds in the field not only because of environmental concerns, but also because of the high costs. Furthermore, we still have no way of extracting soil water samples effectively from below the root zone where both parent compound and degradation products may accumulate. Second, the method of soil sterilization is likely to have a fundamental impact on the composition and structure of the soil samples. If a chemical sterilant, for example ethylene oxide is used, it is likely to coat the surfaces of the soil colloids and react with organic constituents. The chemical may be so strongly bound that it cannot be removed from the surfaces. This markedly affects pesticide adsorption by soil colloids and has a profound impact on degradation rates, mechanisms and pathways. In general, sorption increases rates of degradation by chemical mechanism because it weakens some bonds in pesticide structures making them more subject to hydrolysis. Conversely, microbial degradation is retarded by sorption, because the pesticide has a different structural configuration in the sorbed form than in the free state. When this occurs an enzyme capable of degrading the compound in solution is unable to conjugate with it when it is sorbed.

The statement is often made that sorption decreases the biological

availability of a pesticide and effectively detoxifies it without undergoing degradation. However, the sorbed pesticide is in equilibrium with the soil solution and slowly desorbs back into solution. Other facets of sorption processes which create problems are related to our inability to accurately measure extent and strength of sorption and to differentiate degradation from simple sorption. A major methodological problem is that sorption by soil is usually measured in the laboratory at soil: solution ratio of 1: 5, 1: 10 or even 1: 20 and it is known that the effects of soil: solution ratio on adsorption are important. However, in field soils the soil: solution ratio may be 5: 1 to 15: 1.

The reason we cannot conduct experiments at these high natural occurring soil: solution ratios is because the water is so tightly bound that it cannot be extracted. This water may be structurally different from bulk soil water. Furthermore, evidence is accumulating that this water is more acidic than bulk water and pH can profoundly affect adsorption and degradation and the make-up of the soil microflora. We also assume that sorption is a rapid process essentially complete in hours if not minutes, while degradation is a slower process, often with a lag phase of several days. The changes in rate of disappearance of the chemical by the two mechanisms are readily noticed when plotting the concentration of parent pesticide in solution with time. However, as degradation proceeds, desorption occurs, returning parent compound back to solution. Furthermore, it is difficult to assess what effect metabolites in solution or the sorbed phase might have on the rates of sorption and degradation of the parent compound.

In terms of aerobic vs. anaerobic degradation, microbiologists say that any compound which will degrade anaerobically by a microbial mechanism will degrade more rapidly under aerobic conditions. This is often but not always true. Anaerobic decomposition can be important in the deep parts of soil and in groundwater.

Atrazine

Atrazine was chosen for discussion because it is a good example for explaining the regulatory process and is the most commonly found pesticide in drinking water. Atrazine is also the most widely used corn (maize) herbicide and is now causing concern in both the United States and the EC. In the 1960s we investigated the chemical hydrolysis of atrazine to a nonphytotoxic derivative hydroxyatrazine (ARMSTRONG *et al.*, 1967). At that time we were interested only in the rates of this particular reaction because if soybeans were used in a rotation with corn

there would be not subsequent effect of atrazine residues on the soybeans would occur if the reaction had gone almost to completion. No human or other toxicological significance had been placed on atrazine and consequently we did not pursue its degradation beyond the hydroxylated stage. Of greatest significance in these investigations was that this was the first fully documented case of a chemical mechanism of pesticide degradation and the reaction was catalyzed by sorption (Figure 1). In this case, sorption occurred by hydrogen bonding between the ring N of the triazine and carboxyl ($-\text{COOH}$) groups residing on soil organic matter. Evidence for these conclusions is as follows: Sorption on model sorbents such as a cellulose acetate, phenolic resins and montmorillonite had not effect on the hydrolysis of atrazine. Only sorption on soil or a carboxyl resin induced the hydrolysis of atrazine. For equal extents of adsorption, hydrolysis was much faster on the COOH resin than on the soil showing that sorption sites on soil which were not carboxylic in nature did not affect the hydrolysis. Furthermore, by increasing the pH of the system, it was possible to increase the formation of COO^- thereby decreasing atrazine adsorption, and retarding hydrolysis. The likely mechanism for the sorption-catalyzed degradation is that sorption enhances the electron deficiency of the C-C1 bond of atrazine. This weakens it to such an extent that it can be attacked by water. In three soils the $t_{1/2}$ values (time required for half of the compound to degrade) for degradation of atrazine were closely related to initial atrazine adsorption. The fastest rate of atrazine degradation occurred in the most acidic soil. At pH 4, $t_{1/2}$ was about 100 days. For 2 soils of similar characteristics except organic matter content at pH 7, $t_{1/2}$ for the soil containing 13% organic matter was about 200 days while at 2% organic matter the $t_{1/2}$ was 5 years. Atrazine degradation was not followed further because the hydroxy compound showed essentially no phytotoxicity. In recent investigations of groundwater other degradation products are of major concern. These include compound in which the ethyl or isopropyl substituents have been removed with the chlorine remaining attached to the ring. However, the fate of the hydroxy derivatives are also important because of the high amounts of unextractable atrazine residues being found in soils.

In recent investigations of atrazine in groundwater we have observed two interesting occurrences. We have two areas of sandy soils that appear to be identical with regard to soil type and depth to groundwater but the transmission of the herbicide is as much as 10 times greater in one area than the other. A ban on atrazine use has been placed on the high transmission area. Speculation is that the difference is due to a phys-

ical effect and that there is a preferential water flow rate in one area over the other leading to rapid transmission of the herbicide. Another possibility is that hydroxyatrazine is formed in the surface soil and does not move because it is strongly sorbed. The more acidic the soil is the more likely it is the NH_2^+ groups can form on the amino side chains, causing the compound to be more strongly sorbed. At higher pH values, protonation does not occur and movement is enhanced. This phenomenon is more likely to occur with hydroxyatrazine than it is with atrazine because the pK values for protonation are 5.5 and 1.5, respectively. Thus with hydroxyatrazine 50% of the amino groups are protonated at pH 5.5, with atrazine 50% are protonated at pH 1.5 and virtually none at the pH of soil. Therefore the hydroxy compound will be much more strongly adsorbed than atrazine.

This may also be the cause of many reports of «nonextractable bound residues» of atrazine in soil. We have encountered difficulty in extracting atrazine residues quantitatively from soil and it may be that protonated hydroxyatrazine is so tightly bound that it cannot be extracted by ordinary methods. However, this does not necessarily mean that the atrazine has polymerized and become part of the stable organic matter component of the soil as some have suggested.

We are now looking for metabolites of atrazine in groundwater, because atrazine is being found in deep aquifers (25 m) under soils of silt loam texture. Figure 2 shows the types of transformations atrazine may undergo. The investigation is being conducted in the field and metabolites must be identified in samples which contain as little as 1 ppb of the herbicide and residues. Standards are available for comparison when testing for metabolites including atrazine (1), desethylated atrazine (4), desisopropylated atrazine (3), 2-chloro, 4,6-diamino-s-triazine (5), hydroxy atrazine (2), desethylated hydroxyatrazine (6), desisopropylated hydroxytriazine (7), and 2-hydroxy, 4,6-diamino-s-triazine (8). We have not obtained standards for 9 and 10, the two dihydroxy compounds. To date we have found only desethylated atrazine and very small amounts of desisopropylated atrazine in groundwater. It is interesting to note that in some water samples taken from a badly contaminated farm in Wisconsin, we often find more desethylated atrazine than atrazine itself. The manufacturer has agreed that the toxicological profiles of the three chlorinated but desalkylated compounds (3, 4, 5) are similar to atrazine. Another interesting aspect of the concentrations of contaminants is with regard to their depth in the aquifer: At one site we have high concentrations at the surface of the aquifer but the concentrations decrease very rapidly with depth down to a depth of 9 m.

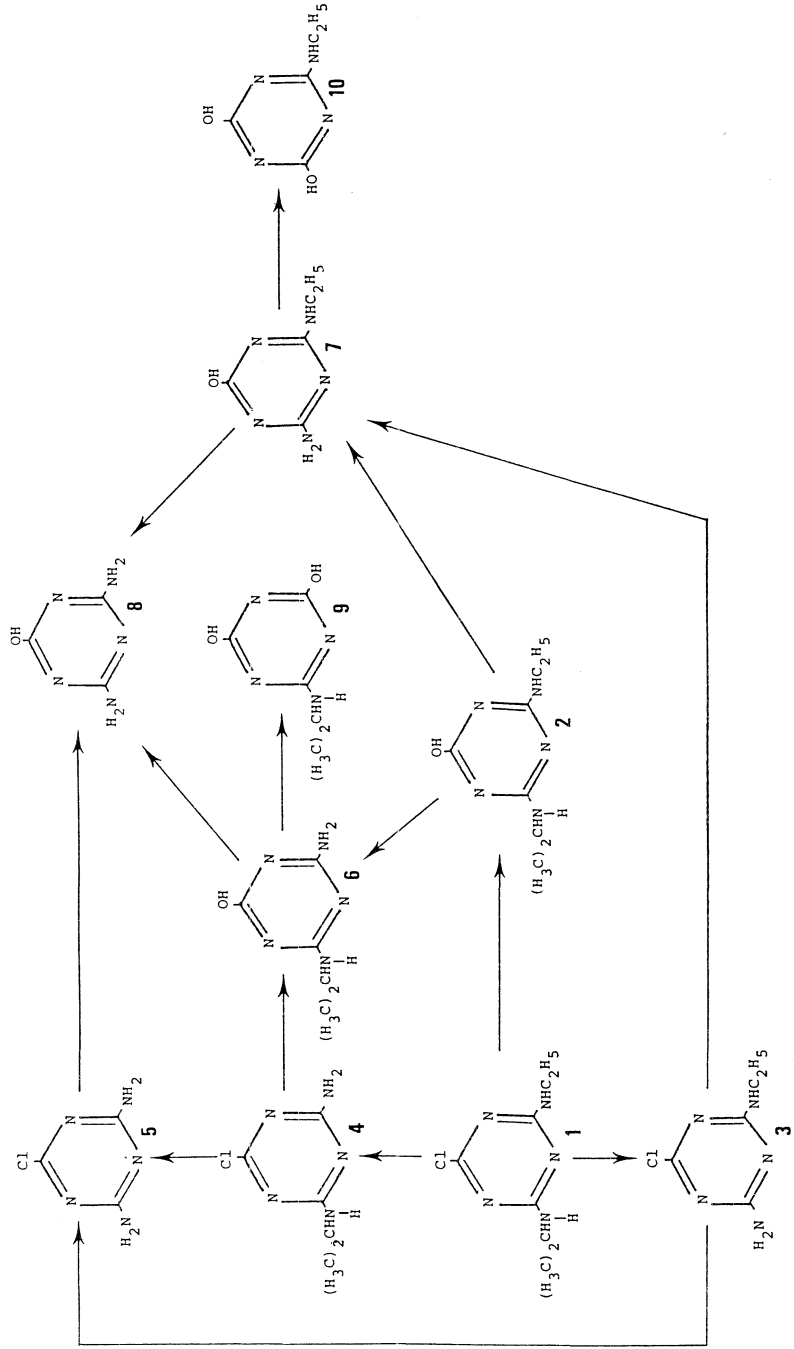


Fig. 2 - Metabolic pathways of atrazine (1).

This is in well K3 (Figure 3). Note that the concentration of parent compound is 1.5 ppb or less while the concentration of desethylated atrazine is often higher and total residues in the surficial water exceed the ES and in February residues are increasing. Occasionally we have found small amounts (0.1 ppb) of desisopropylated atrazine at some depths. In well K4 close to K3 the concentrations stay uniform throughout the 9 m water column and though concentrations are lower than at K3 they are rapidly increasing with time (Figure 4). In all field experiments where we have monitored groundwater contamination under treated fields, we find the distribution of the pesticide residues across a field to be totally erratic.

The atrazine experiments have resulted in a change in the atrazine standard in Wisconsin. To summarize the progress of regulation in Wisconsin for use and control of atrazine six steps have occurred:

- a. Currently, in our 2-tier system we have a Preventive Action Limit of 0.35 ppb and an Enforcement Standard of 3.5 ppb.
- b. With the finding of chlorine containing desalkylated atrazine metabolites in drinking water wells and with new toxicological information on dogs it was proposed to make the PAL 0.5 and the ES 5.0 ppb but to include the three chlorine-containing metabolites. This could be an enormous burden on the state's analytical capability if this type of rule making was used on many compounds.
- c. Use of atrazine has been reduced from 3 to 4 kg/ha to 1.5 to 2 kg/ha depending on soil texture and the use of atrazine in the previous year.
- d. If an area of the state contains a cluster of wells with water exceeding the PAL it is designated as an «Atrazine Management Area» and allowable atrazine use is dropped to 50%, that is 0.7 to 1.0 kg/ha.
- e. If there is a cluster of wells exceeding the ES, an area is drawn designating an «Atrazine Prohibition Area» in which atrazine cannot be used until atrazine in the well water is reduced below the PAL for a least 2 years.
- f. Because the U.S. EPA has recently set a criterion of 3 ppb for atrazine in well water the Wisconsin ES will be reduced from 5 to 3 ppb but will continue to include metabolites even though neither the U.S. EPA nor other states have included them. It is interesting that the new U.S. EPA criterion for alachlor is 2 ppb, while the Wisconsin standard is 0.5 ppb; this state standard is likely to be elevated.

We have recently written an extensive review article on alachlor and metolachlor to assess their environmental impact (CHESTERS *et al.*, 1989). However, to date we have not found a field site with sufficient

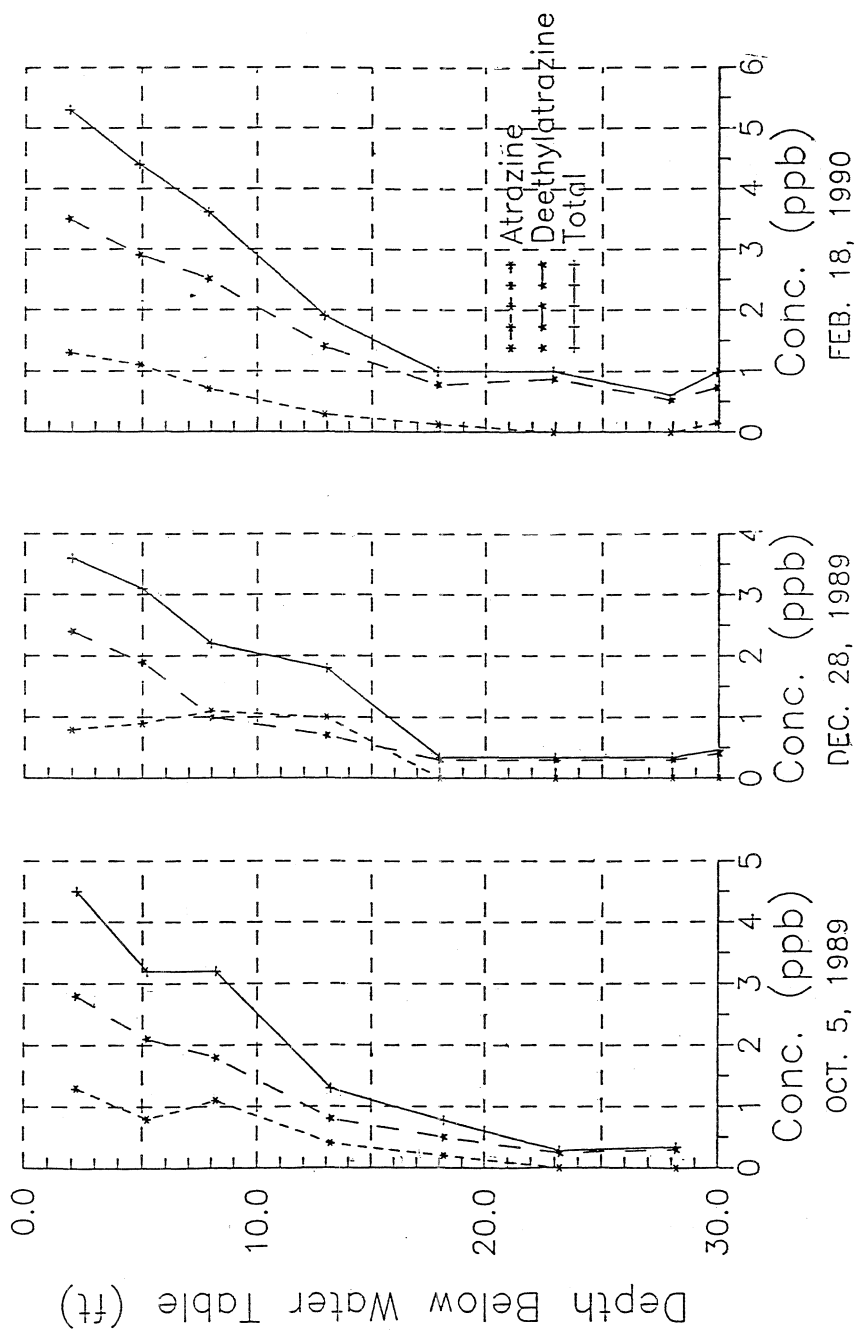


Fig. 3 - Atrazine and metabolite concentrations at well K3.

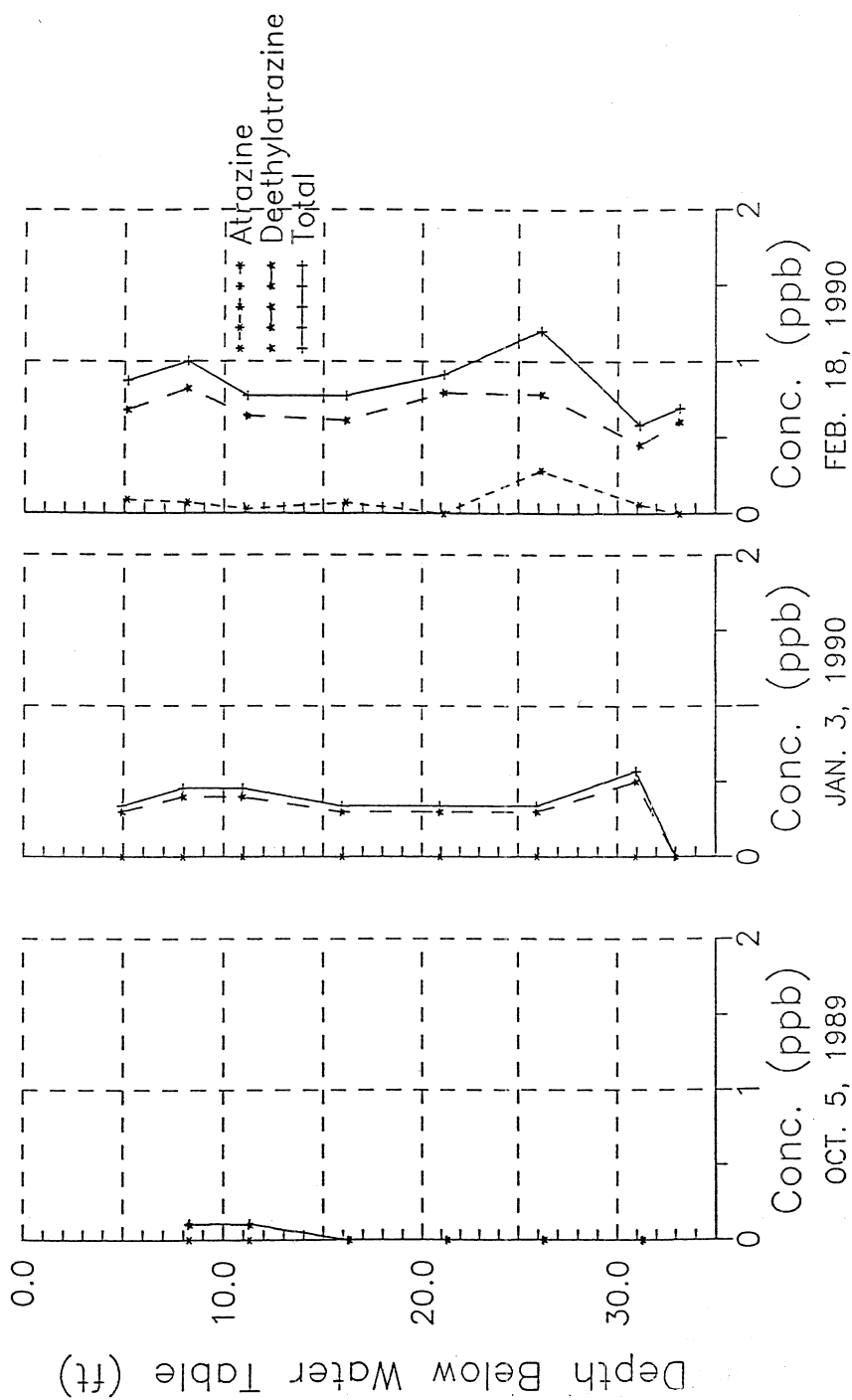


Fig. 4 - Atrazine and metabolite concentrations at well K4.

contamination for us to determine the extent of the problem. The two herbicides are similar in structure but we have given them very different standards. The PALs for alachlor is 0.05 ppb and for metolachlor 1.5 ppb with ES values of 0.5 ppb and 15 ppb. These values are based solely on known carcinogenicity to rats with alachlor classified as a «probable carcinogen» with strong evidence of carcinogenicity to rats in well documented, statistically sound experiments. Metolachlor is a «possible carcinogen» with some inconclusive evidence of carcinogenicity to rats. I think that as more experiments are conducted on metolachlor the standards will likely come closer together. In the review of the chloroacetanilides, we assembled all known degradation products into a single diagram for each compound. Figure 5 shows the principal degradation products of alachlor of which we recognize about 15, but many conjugates are formed in animal systems bringing the total number of metabolites to 33. With metolachlor (Figure 6) the degradation pathways are similar as might be expected and we recognize 16 major products and a total of 34. If metabolites were incorporated into standards it would produce a very complex analytical protocol.

In experiments recently conducted in the laboratory we have isolated as many as six metabolites each for alachlor and metolachlor by thin layer chromatography (Table 1). To date we have been unable to identify these compounds either because of insufficient quantity or because we lack the appropriate standards. These experiments were conducted using C-14 labeled compounds and the spots were identified by autoradiography. In these soils we found as many as eight C-14 labeled derivatives of atrazine which we are presently trying to identify; in groundwater we have only found desethylated and a little desisopropylated atrazine. In experiments in the laboratory using three surface soils we have determined $t_{1/2}$ values based on the disappearance of parent compound for nosterile and sterile soils. Sterilization was accomplished by exposure to high levels of γ -radiation which we feel has the least impact on soil collids. Alachlor degraded a little faster than metolachlor and chemical degradation was relatively insignificant (Table 2). By comparison the degradation rate of atrazine is very close to the rate for metolachlor in the nonsterile system, but there is a somewhat more active chemical component to the degradation of atrazine. We suspect this is probably the formation of hydroxyatrazine. We have recently conducted experiments on these compounds in the vadose zone (the unsaturated zone of the soil below the root zone) and in the solid aquifer material. Although the experiments are incomplete the rates of degradation are much slower.

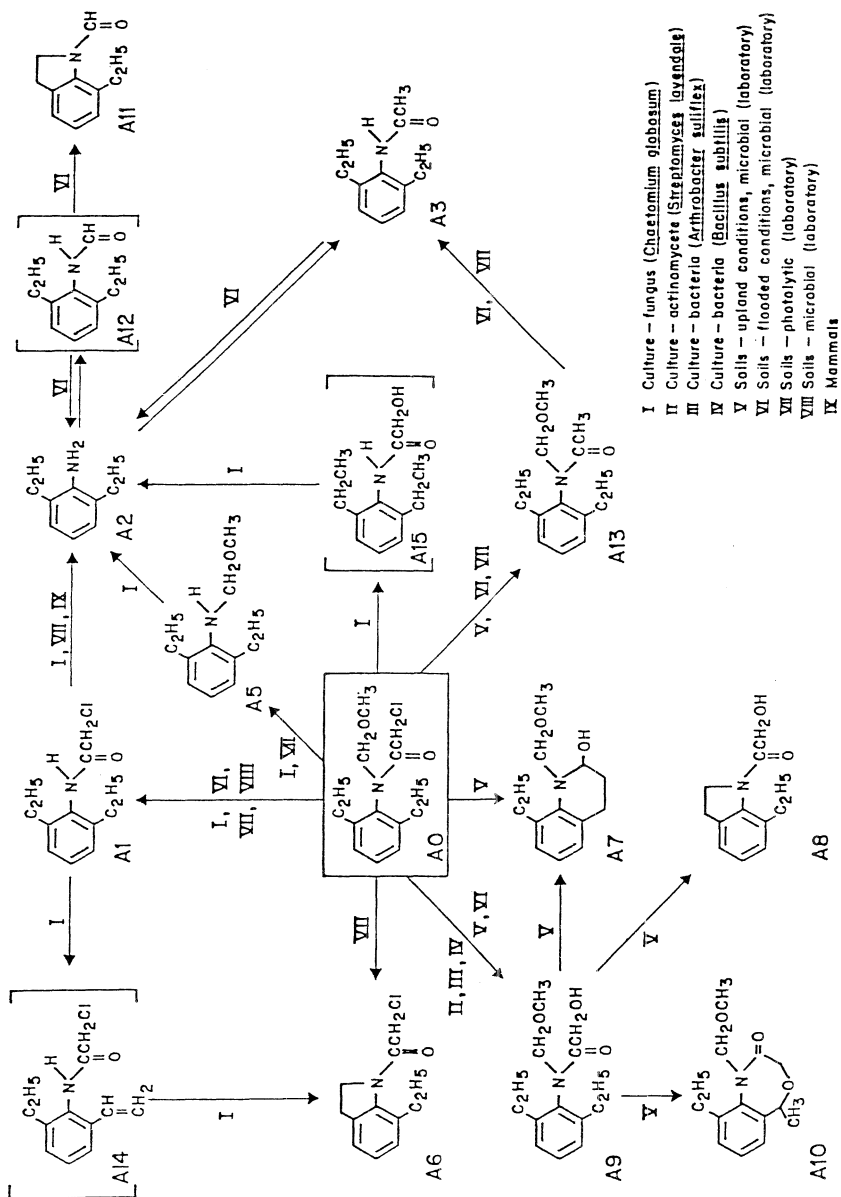


Fig. 5 - Degradation pathways of alachlor.

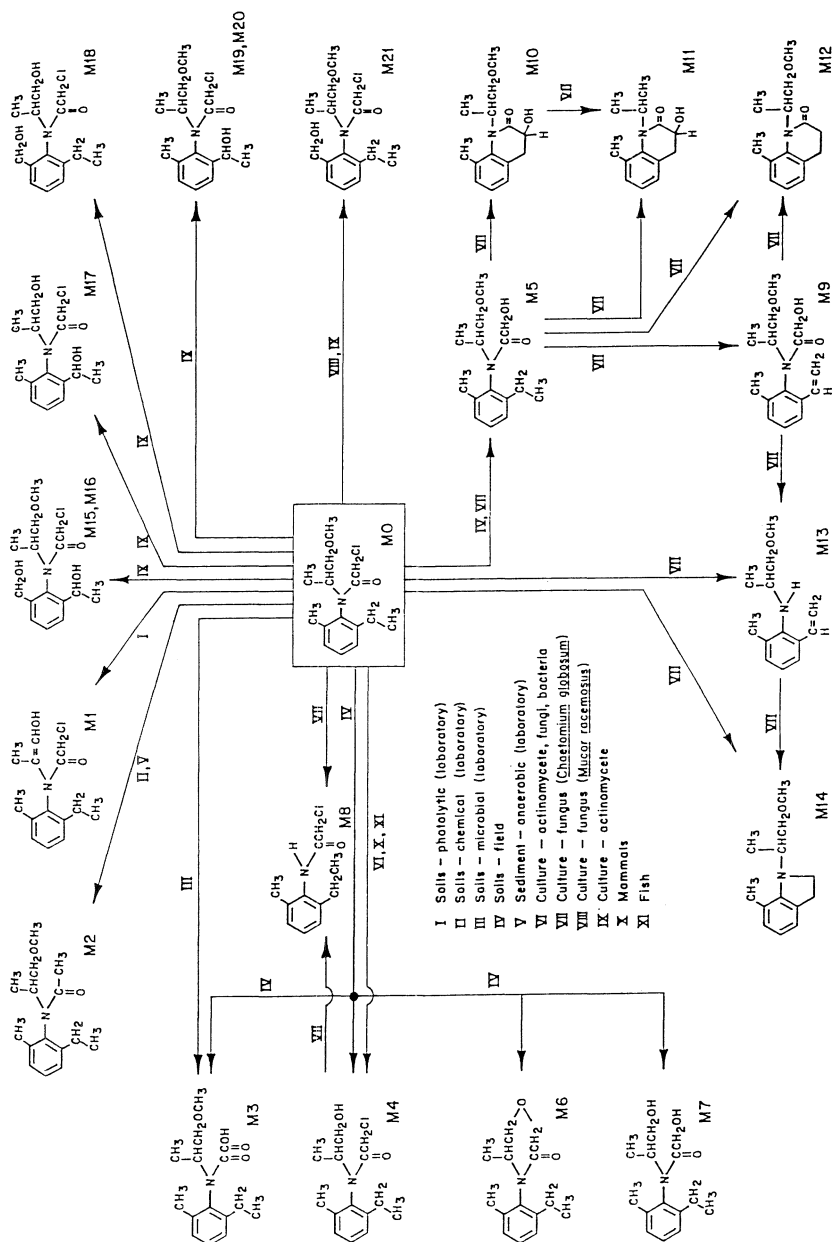


Fig. 6 - Degradation pathways of metolachlor.

Table 1 - Number of metabolites isolated by TLC technique

	1		4		8		16		32		64	
	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S
<i>Alachlor</i>												
Dakota loam			3	2	3	3	4	4	3	2	4	6
Plano silt loam			4	1	2	2	3	3	2		4	4
Plainfield sand			3	1	2	2	2	3	3	2	4	4
<i>Metolachlor</i>												
Dakota loam	3	1	3	3	4	3	4	5	3	4	3	4
Plano silt loam	2	1	3	2	5	2	6	3	4	5	3	4
Plainfield sand	3	2	3	2	3	2	5	6	3	5	5	3
<i>Atrazine</i>												
Dakota loam	4	7	4	6	5	6	5	4	6	7	5	4
Plano silt loam	5	8	5	5	5	5	4	5	6	6	7	4
Plainfield sand	5	6	6	5	5	7	6	4	4	5	4	4

NS is nonsterile soil; S is sterilized soil.

Table 2 - Degradation rates (k) and half-lives ($t_{1/2}$) of herbicides in surface soils under nonsterile and sterile conditions

Soil	k		$t_{1/2}$ (days)	
	Nonsterile	Sterile	Nonsterile	Sterile
<i>Alachlor</i>				
Dakota loam	0.0250	0.0061	28	114
Plano silt loam	0.0179	0.0036	38	192
Plainfield sand	0.081	0.0028	38	250
<i>Metolachlor</i>				
Dakota loam	0.0186	0.0054	37	131
Plano silt loam	0.0102	0.0047	67	148
Plainfield sand	0.0125	0.0018	56	369
<i>Atrazine</i>				
Dakota loam	0.0180	0.0056	38	122
Plano silt loam	0.0099	0.0084	67	83
Plainfield sand	0.0100	0.0068	69	102

Aldicarb

Aldicarb presented some special problems. Is is an oxime carbamate and an extremely effective systemic insecticide/nematocide used at rates of 3 kg/ha on such crops as cotton, citrus and peanuts. In Wisconsin it was used almost exclusively on potatoes. In manufacture, the product is deposited on chopped corn ears, making it extremely safe for use by farmers. The farmers believe by using aldicarb that they increased potato yealds by about 25% and the quality of the potatoes was markedly enhanced. Most potatoes grown are the Russet Burbank variety. The No. 1 Grade potatoes are large, often weigh 400 g each, and are elongated. For baking, they can be sold to restaurants at very high prices. Aldicarb is extremely water soluble and is only weakly sorbed if at all in soils. The compound became notorious when it was found in drinking water in the aquifer underlying irrigated potato fields in Long Island, New York. It was later found under potato fields in Wisconsin in concentrations exceeding the 10 pbb standard. This led to several research projects which examined the movement of aldicarb and determined rates and types of degradation. The degradation experiments are emphasized here.

We placed monitoring wells (6 to 10/field) in five fields (40 ha) in the potato growing area of the Central Sands of Wisconsin (CHESTERS *et al.*, 1982). The wells had multiple depth sampling ports and together over a 5-year period 4,000 groundwater samples were collected. Oxidation of the thioether sulfur atom of aldicarb produces aldicarb sulfoxide which can be further oxidized to aldicarb sulfone (Figure 7). In the early phases of the experiments we were unable to separately measure thue parent compound and its two oxides at the concentrations appearing in groundwater. Thus, the residues were totally oxidized to the sulfone and reported as total residues. Figure 7 shows that the oral lethal dose to rats is slightly lower for the sulfoxide than the parent compound while the sulfone has an LD₅₀ 25 to 50 times higher than the other two. When we were finally able to separate the parent and oxides by gas chromatography we were able to develop a detailed degradation pathway for aldicarb. Apart from the oxidation steps each compound is subject to hydrolysis to form oximes. The hydrolyses occur by chemical processes in some cases and by microbial processes in others. The hydrolysis products have LD₅₀ values 1,600 to 8,000 times greater than those of aldicarb and its oxides. We deemed the oximes to be essentially nontoxic to mammals. Dehydration of the oximes can occur to form nitriles and although they are more toxic than the oximes they are several hundred times less toxic than aldicarb or its oxides. We were therefore

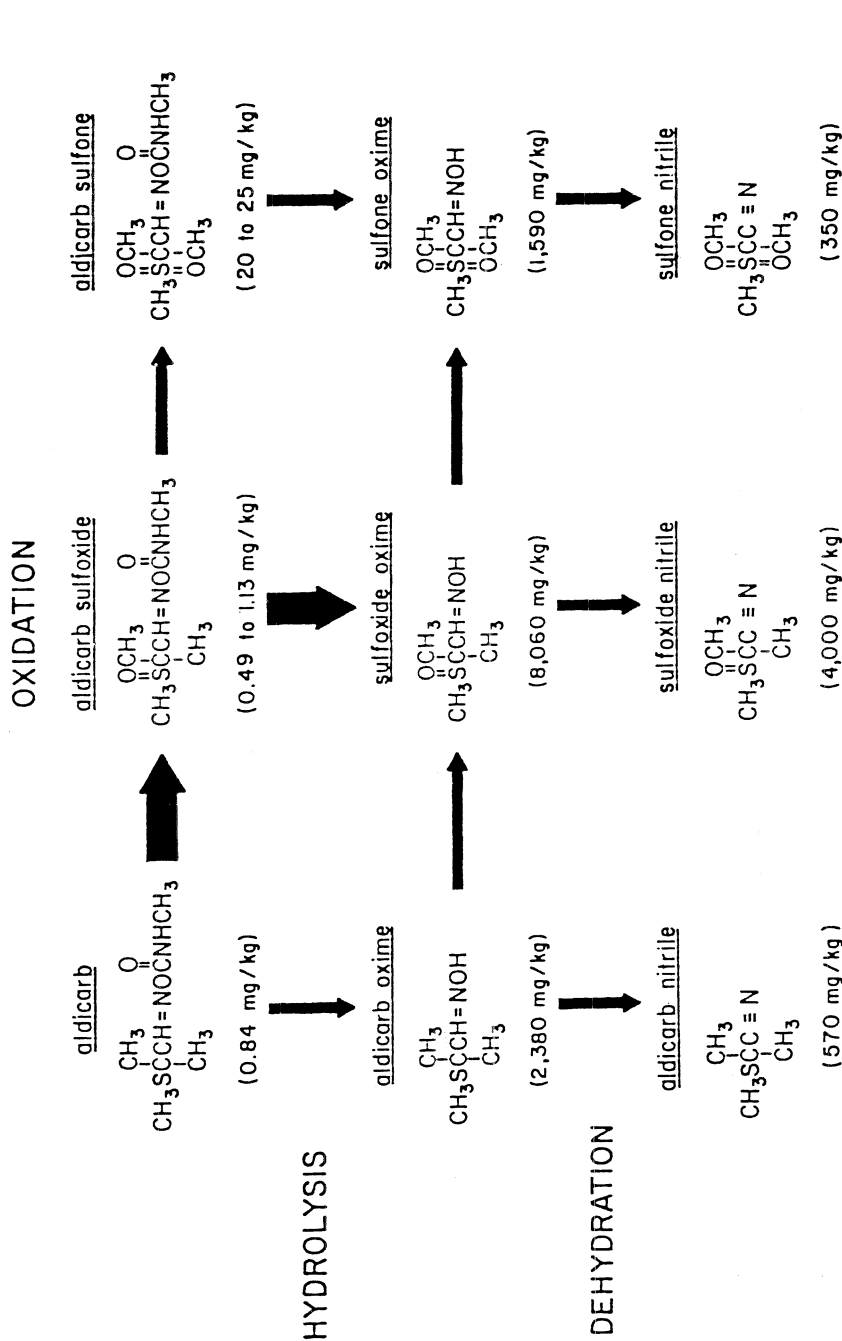


Fig. 7 - Transformations of aldicarb in soils, plants and animals (UCAPC, 1983). Thickened arrows indicate major pathways and numbers in parentheses are oral lethal doses (LD_{50}) in rats.

able to determine rate constants for each of the oxidation and hydrolysis reactions. In this way we obtained an overall degradation rate for the conversion of aldicarb to nontoxic residues. From Table 3 it can be seen that merely measuring the half-life of aldicarb based on its disappearance from solution is not a very sound method of determining rates of detoxification, since toxic residues will remain long after the parent compound has disappeared. In our experiments the $t_{1/2}$ value for conversion of aldicarb to nontoxic residues was at least 80 days in Plainfield sand. It is also interesting that we were never able to find aldicarb below the root zone of the soil and the residues which pass below the root zone are a mixture containing approximately equal parts of sulfoxide and sulfone. If we had been able to determine the parent compound alone there would have been no effort to change the Wisconsin standard from 10 to 1 ppb. Detoxification rates are likely to be retarded below the root zone. Several genera of bacteria at the surface of the groundwater are capable of degrading aldicarb, so that aquifer contamination may not be permanent (HARKING *et al.*, 1986). However, although groundwater under these fields flows at approximately 30 cm/day we have not found aldicarb residues moving in groundwater beyond the boundaries of the field over a 5 year period. This is because irrigation pumping forms a cone of depression which essentially sucks the contaminated water back to the center of the field.

With essentially a ban on the use of aldicarb, farmers have turned to a very expensive alternative, a fumigant called VAPAM (SAEED, 1990). This compound is extremely volatile and is dangerous to the applicators. It is applied at levels up to 115 kg/ha rather than 3 kg/ha for al-

Table 3 - First-order rate constants for the transformation of aldicarb, aldicarb sulfoxide, and aldicarb sulfone for sterilized and unsterilized Plainfield sand

Compound	Period (day)	Sterilized		Unsterilized	
		Rate constant k (day^{-1})*	Half-life $t_{1/2}$ (day)	Rate constant k (day^{-1})*	Half-life $t_{1/2}$
Aldicarb	128	0.018 ± 0.0013	38	0.029 ± 0.002	24
Aldicarb sulfoxide	128	0.012 ± 0.001	58	0.024 ± 0.0019	29
Aldicarb sulfone	128	0.002 ± 0.0002	350	0.009 ± 0.0007	77

* $k \pm$ standard deviation.

dicarb. VAPAM at this level sterilizes the soil and hopefully retains insecticidal properties for 5 years. The farmers are finding it not to be as effective as was thought because soil recovers from the sterilization quite quickly although little information is available on the recovery of the beneficial microbial reactions, e.g., ammonification and nitrification. Farmers are now proposing to use up to 230 kg/ha. When certain climatic conditions (temperature inversions) occur at the time of application of VAPAM the compound can be released to the atmosphere. Recently, this phenomenon caused an accident with migrant workers and their families. Immediately the state had to write an emergency rule on use of the compound which has now been made permanent. It is complicated and states when and how the compound can be applied. It cannot be applied close to hospitals or schools which are difficult to evacuate. Provisions are also made for total evacuation of communities if a problem occurs and country nurses are being trained on the treatment of the symptoms.

Other Pesticides

I conclude with a few of our research findings on degradation which were unexpected and of particular interest.

We have done extensive work on the degradation of organophosphorus insecticides including diazinon (KONRAD *et al.*, 1967), ciodrin (KONRAD & CHESTERS, 1969), malathion (KONRAD *et al.*, 1969), and parathion (GRAETZ *et al.*, 1970). Each compound except parathion degrade by hydrolysis and in some cases the $t_{1/2}$ values are only a few hours. This is an excellent example where determination of degradation rates from disappearance of the parent compound does not reveal anything about detoxification rates. With these compounds the parent is clearly not the insecticide because its residence time in the soil is too short. All of the compounds hydrolyze to form dialkoxythiophosphoric acids which we suspect are the actual insecticides.

In the case of parathion we have a special pathway in which the compound contains a nitrobenzene group. Even under strongly oxidizing conditions, the nitro ($-\text{NO}_2$) group is reduced to an amino ($-\text{NH}_2$) group which in turn is reoxidized to an imino ($=\text{NH}$) group and then to a quinone ($=\text{O}$). The quinones are able to polymerize with amino acids and form stable compounds which very closely resemble the high molecular weight of humic and fulvic acids of soils, thereby becoming part of the permanent soil organic matter.

Another interesting compound in terms of detoxification is lindane

(NEWLAND *et al.*, 1969). This compound is the γ -isomer of benzene hexachloride which is highly toxic and used for the control of mosquitoes. The compound detoxifies by isomerization and the isomerization steps are γ - benzene hexachloride to the α -compound then the δ - then the β - compound (Figure 8). LD₅₀ values for rats are 125 mg/kg for the γ -isomer, 500 mg/kg for the α -isomer and 6,000 for the δ - and β -isomers. We were unable to determine if the organisms were capable of deriving energy from these isomeric transformations, because they do not obtain carbon since the isomers all have empirical formula. However, these transformazionts certainly detoxified γ -BHC.

Another factor that the experimentalist on pesticide degradation must always be aware of is that the quantitative aspects of pesticide analysis are far easier than the qualitative aspects of confirming the identify of the parent and degradation products. As an example, I unexpectedly found 34 soil samples which had been sealed in a vault below our Department of Soil Science in 1910. I proceeded to analyze these soils for pesticides, even though none of the compounds we were looking for had been synthesized prior to 1910 (FRAZIER *et al.*, 1970). Using a QF-1/QV-17 column, we found heptachlor epoxide together with small amounts of heptachlor, γ -BHC, aldrin and dieldrin. On QF-1/DC-200 we often found aldrin. However, when we ran the extracts on two columns we were never able to confirm the presence of any of the insecticides. Thus, some naturally occurring compounds extracted from these soils had the same gas chromatographic characteristic as some organochlorine insecticides on these columns.

We have confirmed the findings of out two reported atrazine metabolites by gas chromatography, high performance liquid chromatography and mass spectrography. Researches should be very careful that when pesticides or their metabolites are reported that the presence of the compound is thoroughly confirmed.

Finally, with regard to regulation it is my belief that pesticides must be regulated on a compound specific/site specific basis. I think the size of the site should be a few hundred hectares. Regulating as the U.S. EPA has suggested on a country-wide basis (perhaps 2,500 km² is not good enough). To regulate with the specificity I suggest we must have higy verified mathematical predictive models capable of making thousands of decisions in a very short time. Inadequacy of the models relates to the difficulty of determining some of the parameters. The most difficult constants to determine in the model equations are rates of degradation, adsorption coefficients and preferential water flow. Furthermore, we

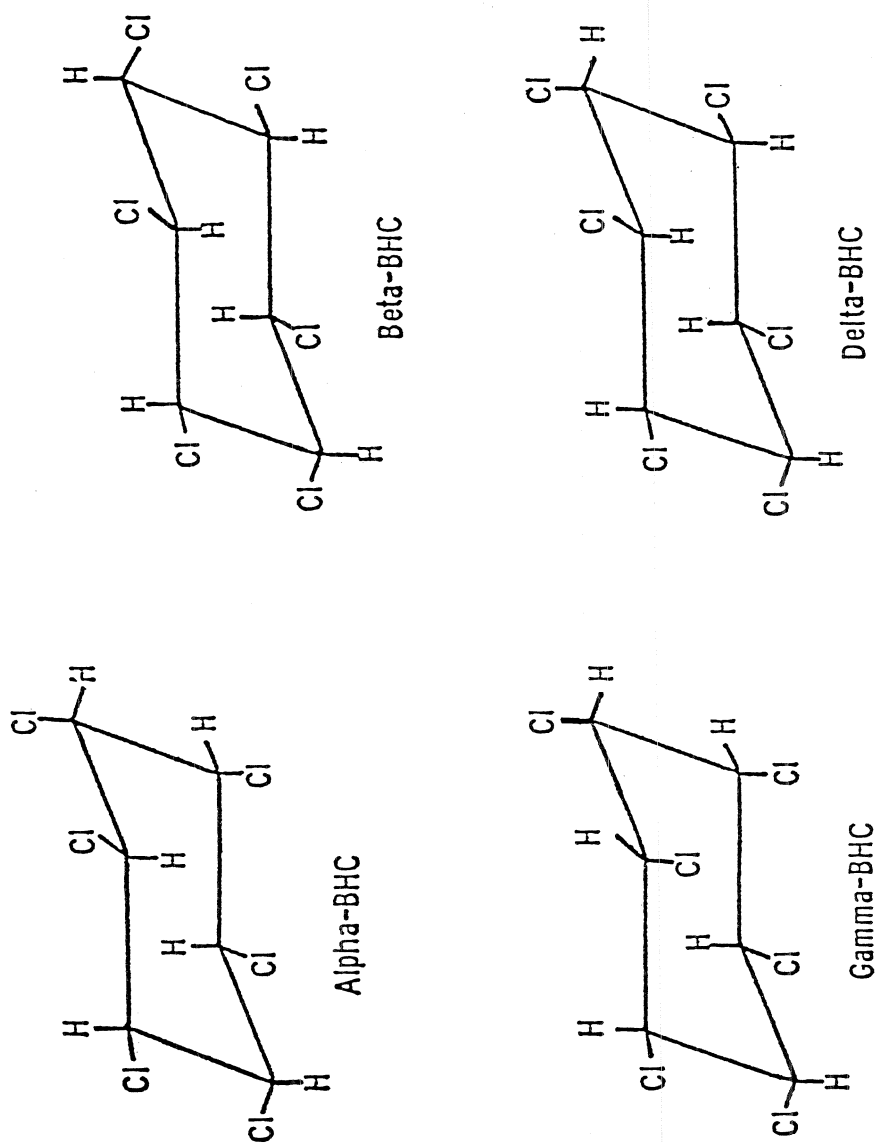


Fig. 8 - The four benzene hexachloride isomers used.

must strengthen the ground truth data base so that the models can be accurately verified.

It is possible that in the near future we will be able to relate the structure and properties of compounds to their absorbability, degradability, mobility and even their toxicology. Great strides are being made but we have not yet reached a level of sophistication which allow accurate predictions at this time.

Finally, we must be prepared to help farmers find alternative pesticides or alternative uses for their land if a pesticide use is banned. There is a great deal of very complex work to be done in a very short time, because the decisionmaker is unwilling to wait forever while researchers conduct detailed, esoteric experiments at extraordinarily high levels of accuracy. Scientists must understand that this is a science in great transition and we must summarize the information that we have available in such a way that it is understandable to the decisionmaker. In turn the decisionmaker must understand that this state of flux exists and the scientist will continually be providing new and better recommendations making regulations subject to continual change.

REFERENCES

- ARMSTRONG D. E., CHESTERS G. & HARRIS R. F., 1967 - *Atrazine hydrolysis in soil*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31: 61-66.
- CHESTERS G., SIMSIMAN G. V., LEVY J., ALHAJJAR A. J., FATHULLA R. N. & HARKIN J. M., 1989 - *Environmental fate of alachlor and metolachlor*. In: WARE G. W. (ed.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Springer-Verlag, New York, NY. pp 1-74.
- CHESTERS G., ANDERSON M. P., SHAW B., HARKIN J. M., MEYER M., ROTHSCHILD E. & MANSER R., 1982 - *Aldicarb in groundwater*. Water Resources Center Technical Report, University of Wisconsin-System, Madison, WI, U.S.A. 45 p.
- HARKIN J. M., JONES F. A., FATHULLA R. N., DZANTOR E. K. & KROLL D. G., 1986 - *Fate of aldicarb in Wisconsin groundwater*. In: GARNER N. Y., HONEYCUTT R. C. & NIGG H. N. (eds.), *Evaluation of Pesticides in Ground Water: ACS Symposium Series No. 315*. Washington, D. C.: American Chemical Society, pp. 219-255.
- SAEED IAM, 1990 - *Fate of methamsodium in an irrigated loamy sand*. Ph. D. Thesis, University of Wisconsin, Madison, WI. 146 pp.
- KONRAD J. G., ARMSTRONG D. E. & CHESTERS G., 1967 - *Soil degradation of diazinon of phosphorothioate insecticide*. Agron. J. 59: 591-594.
- KONRAD J. G. & CHESTERS G., 1969 - *Degradation in soils of ciodrin, an organophosphate insecticide*. J. Agr. Food Chem. 17: 226-229.
- KONRAD J. G., CHESTERS G. & ARMSTRONG D. E., 1969 - *Soil degradation of malathion, a phosphorodithioate insecticide*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 259-262.

- GRAETZ D. A., CHESTERS G., DANIEL T. C., NEWLAND L. W. & LEE G. B., 1970 - *Parathion degradation in lake sediments*. J. Water Poll. Control. Fed. 42: R76-R94.
- NEWLAND L. W., CHESTERS G. & LEE G. B., 1969 - *Degradation of γ BHC in simulated lake impoundments as affected by aeration*. J. Water Poll. Control Fed. 41: R174-R188.
- FRAZIER B. E., CHESTERS G. & LEE G. B., 1970 - «*Apparent*» organochlorine insecticide contents of soils sampled in 1910. Pesticide Monitoring J. 4: 67-70.

ABSTRACT - Transformation and diffusion of Pesticides in the Environment

Atrazine, Alachlor, Metolachlor, Aldicarb diffusion and transformations in the environment are examined using the results of many researches performed by the Author. Some other informations are supplied on the basis of research found in the literature for organophosphorus pesticides, and lindane. From the researches considered the Author proposes that pesticides must be regulated on a compound specific/site specific basis. The size of the site should be a few hundred hectares. He suggests that to regulate with the specificity it must be verified mathematical predictive models capable of making thousands of decisions in a very short time. The most difficult costants to determine in the model equations are rates of degradation, adsorption coefficients and preferential water flow. The behaviour of Atrazine, Alachlor, Metolachlor and Aldicarb is deeply highlighted and special emphasis has been given to their environmental metabolites. Based on the new results the Author believes that the Prevention Action Limit of 0.35 ppb and the Enforcement Standard of 3.5 ppb for Atrazine, should be modified to 0.5 (PAL) and 5.0 ppb (ES) respectively. The new standards, however, must include the three chlorine-containing metabolites.

RIASSUNTO - Trasformazione e diffusione nell'ambiente dei pesticidi.

La trasformazione ambientale e la formazione di metaboliti per ossidazione chimica e biologica dell'Atrazina, Alachlor, Metolachlor e Aldicarb è stata studiata sperimentalmente dall'autore in vari tipi di suolo. In funzione delle caratteristiche del suolo interessato è stato possibile rilevare la formazione di alcuni meraboliti di interesse tossicologico ciò che implica una modifica degli standards di accettabilità per i residui di pesticidi nell'ambiente. Per esempio, la biodegradazione dell'atrazina porta alla presenza nell'acqua di pozzo di metaboliti dell'atrazina desalchilata contenenti cloro. Tale fatto, se da un lato consente all'Autore di proporre una riduzione del limite di accettabilità - linea guida (PAL o Preventive Action Limit) di 0.5 ppb nell'acqua ed un limite di legge (ES o Enforcement Standard) di 5.0 ppb, dall'altro pone la necessità di analizzare e controllare contemporaneamente la presenza dei tre metaboliti contenenti cloro. Per ciò che concerne l'Alachlor ed il Metolachlor i valori PAL sono di 0.05 e 1.5 ppb mentre i valori ES di 0.5 e 15 ppb, rispettivamente. L'A. pone inoltre in evidenza la necessità di sviluppare sempre più approfonditamente i modelli matematici di diffusione dei pesticidi nel suolo sottolineando che i fattori più difficili da calcolare per inserirli nel modello sono la velocità di degradazione, i coefficienti di adsorbimento ed i percorsi preferenziali dell'acqua nel sottosuolo. L'A. ricorda ancora come la CEE abbia fissato un limite per i pesticidi nell'acqua potabile di 0.1 ppb per composto con un massimo totale di 0.5 ppb.

I. H. (MEL) SUFFET & KATHRYN HUNCHAK-KARIOUK

THE MODELING OF THE FATE OF HYDROPHOBIC HAZARDOUS ORGANIC CHEMICALS IN NATURAL WATERS

INTRODUCTION

It has been indicated that the bioavailable and potentially toxic form of hydrophobic chemical pollutants (e.g., polychlorinated biphenyls PCBs) and polyaromatic hydrocarbons (PAHs) is the freely dissolved concentration (McCARTHY, 1989; HENRY, 1987; LANDRUM *et al.*, 1987, 1985; MUIR *et al.*, 1986; McCARTHY & JIMENEZ, 1985 a & b; ADAMS, 1984). Thus, a prediction of the bioavailability and toxicity of a hazardous trace organic chemical could be calculated by determining concentration of the freely dissolved chemical ($<0.45\mu\text{m}$) in the water or bottom sediment environments. A prediction of the theoretical freely dissolved concentration can be calculated to indicate a potential hazard by using equilibrium partitioning methods and measurements of the sediment bound pollutant concentration, the amount of organic carbon associated with the sediment, and the dissolved organic carbon concentration in the water or in the interstitial pore water of the sediment. The general indication of potential hazards should then be validated by measuring the actual «free» interstitial pore water concentration and «free» bulk water column concentration and comparing it to the predicted value at a specific location.

To better predict the environmental fate of anthropogenic hydrophobic organic chemicals in aquatic systems, it is necessary to understand all levels of the transfer, transformation and transport processes involved.

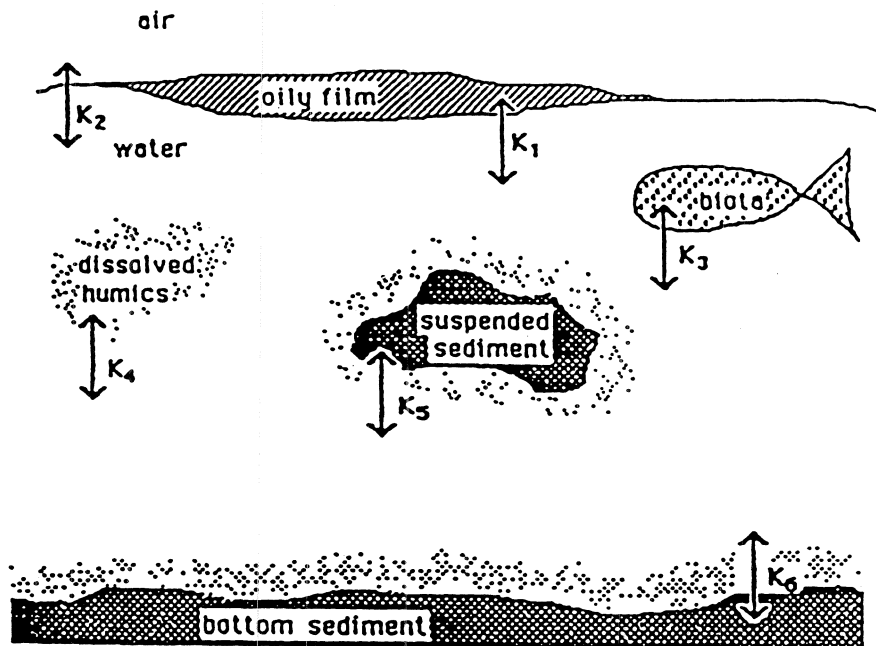


Fig. 1 - Equilibrium Partition Model for Hydrophobic Organic Chemicals. 6 compartments of a natural water system are shown (SUFFET *et al.*, 1988).

Environmental transport models such as those of O'Connor (1988) and Di Toro *et al.* (1982) describe the spatial and temporal distributions of chemicals using the principles of mass conservation determined by the hydrodynamic, geophysical, chemical, and biological influences of the system and the chemical. The concept of equilibrium partitioning is used in these models to describe the transfer of chemical between phases or environmental compartments [e.g. Figure 1, (SUFFET *et al.*, 1988)]. The purpose of this paper is to more accurately describe the physical environment in order to better understand the partitioning transfer of chemicals between dissolved organic matter (DOM) and particulate organic matter (POM), in terms of the interstitial water, the sediment, the bulk water and the particulate matter that is suspended in the water column.

At present, the variables involved in the degree of site-specific equilibrium partitioning in waters and bottom sediments are unknown. How variable are the partition coefficients when different organic carbon matrices from different natural waters are associated with the pore water and the sediment is unclear. This paper will present an equilibri-

um modeling approach to help develop an answer to the question of site specificity. The modeling approach assumes 1) the presence of a kinetic boundary between the bottom sediment and the bulk water column which separates these two environments, 2) distinct equilibrium of a chemical pollutant within the water column and the bottom sediment compartments, and 3) equilibria between the sediment and pore water for each chemical pollutant. Sediment pore water is formed by the entrapment of water during sedimentation and is isolated from the surface water by a kinetic boundary formed under quiescent conditions by reduced diffusion and dispersion processes (BATLEY & GILES, 1979).

Physical parameters that influence the chemical fate should be monitored for site specific data. Of critical importance, the interaction of

Table 1 - Comparison of Measured K_{doc} Values for the Association of DOC from Different Sources to Benzo[a]Pyrene

Source	DOC Concentration	log K_{doc}	Method	Reference
Government Pond	204.4	3.36	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1987
Lake Michigan	5.5.	4.26	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1984
Government Pond	204.6	4.40	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
Huron River	6.1	4.59	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1984
Grand River	10.7	4.72	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1984
Lake Michigan	11.2	5.04	Reverse Phase	MOREHEAD <i>et al.</i> , 1986
Ford Lake	3.1	5.21	Reverse Phase	MOREHEAD <i>et al.</i> , 1986
Aldrich	8.2	5.29	Reverse Phase	MOREHEAD <i>et al.</i> , 1986
Lake Michigan *	15.3	5.63	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
Middle Lake Michigan	11.24	5.68	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1987
Lake Michigan *	11.7	5.81	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
Aldrich	9.3-9.5	5.95	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1984
Delaware River	0.2-1.2	6.00	Dyalysis	HENRY <i>et al.</i> , 1989
Fluka	4.94	6.04	Dyalysis	This study
Fluka	4.49	6.05	Dyalysis	This study
Aldrich	2.74	6.08	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
North Lake Michigan	6.46	6.23	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1987
Aldrich	1.9	6.28	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
Aldrich	2.5	6.31	Dialysis	MCCARHTY & JEMENZ, 1985
Aldrich	2.48	6.34	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
Aldrich	0.47	6.41	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
Aldrich	2.18	6.43	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
South Lake Michigan	4.84	6.48	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1987
Huron River	7.4	6.77	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1987
Fluka	2.10	6.78	Dyalysis	This study
Fluka	1.58	6.92	Dyalysis	This study

* Interstitial pore water sample.

Table 2 - Comparison of Measured K_{doc} Values for the Association of DOC from Different Sources to Three Isomers⁺ of Tetrachlorobiphenyl

Source	DOC Concentration	log K_{doc}	Method	Reference
Huron River	7.8	3.87 c	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1984
Aldrich	9.3-9.5	4.54 c	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1984
Fluka	16.0	4.83 b	Ultrafiltration	This study
Fluka	11.0	4.85 b	Ultrafiltration	This study
Fluka	6.0	4.90 b	Ultrafiltration	This study
Aldrich	7.5	4.94 c	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
Aldrich	16.7	4.98 c	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
Fluka	10.0	5.01 b	Ultrafiltration	This study
Aldrich	15.2	5.04 c	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
Fluka	5.0	5.05 b	Ultrafiltration	This study
South Lake Michigan	4.84	5.15 c	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1984
Middle Lake Michigan	11.24	5.18 c	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1984
North Lake Michigan	6.46	5.18 c	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1984
Brandywine River	14.13*	5.35 b	Generator Column	CARON & SUFFET, 1989
Soil Fulvic Acid	8.5	5.39 a	Generator Column	WEBSTER <i>et al.</i> , 1986
Aldrich	13.4	5.58 c	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1985
Fluka	10	5.60 b	Dyalisis	This study
Huron River	7.4	5.90 c	Reverse Phase	LANDRUM <i>et al.</i> , 1984
Peat Bog Humic Acid	1.95	5.98 a	Generato Column	WEBSTER <i>et al.</i> , 1986
Aldrich	0.68	6.55 a	Generato Column	WEBSTER <i>et al.</i> , 1986

+ Isomers compared are: a) 1,2,3,7-,
b) 2,4,2',4'-, and
c) 2,5,2',5'-tetrachlorobiphenyl.

* Interstitial pore water sample.

dissolved organic matter measured as dissolved organic carbon (DOC) of $<0.45\mu\text{m}$ in particle size and hydrophobic pollutants expressed as K_{doc} (DOC/water partition coefficient for the overlying bulk water) and K_{pdoc} (DOC/water partition coefficient for the interstitial pore water) appear to be site specific (see Tables 1 and 2 where the order of magnitude differences in K_{doc} are indicated). These interactions are important when making predictions for bioavailability and toxicity. Until the equilibrium partitioning model is adjusted for the variation in DOC activity, it will be necessary to determine the partition coefficients at each site of interest. The following equilibrium partitioning modelling approach was developed in a paper submitted for publication in the Third International Nordic Symposium on Humic Substances, Aug. 23, 1991, Turku/Abo Finland Hunchak-Kariouk, K. and Suffet, 1991).

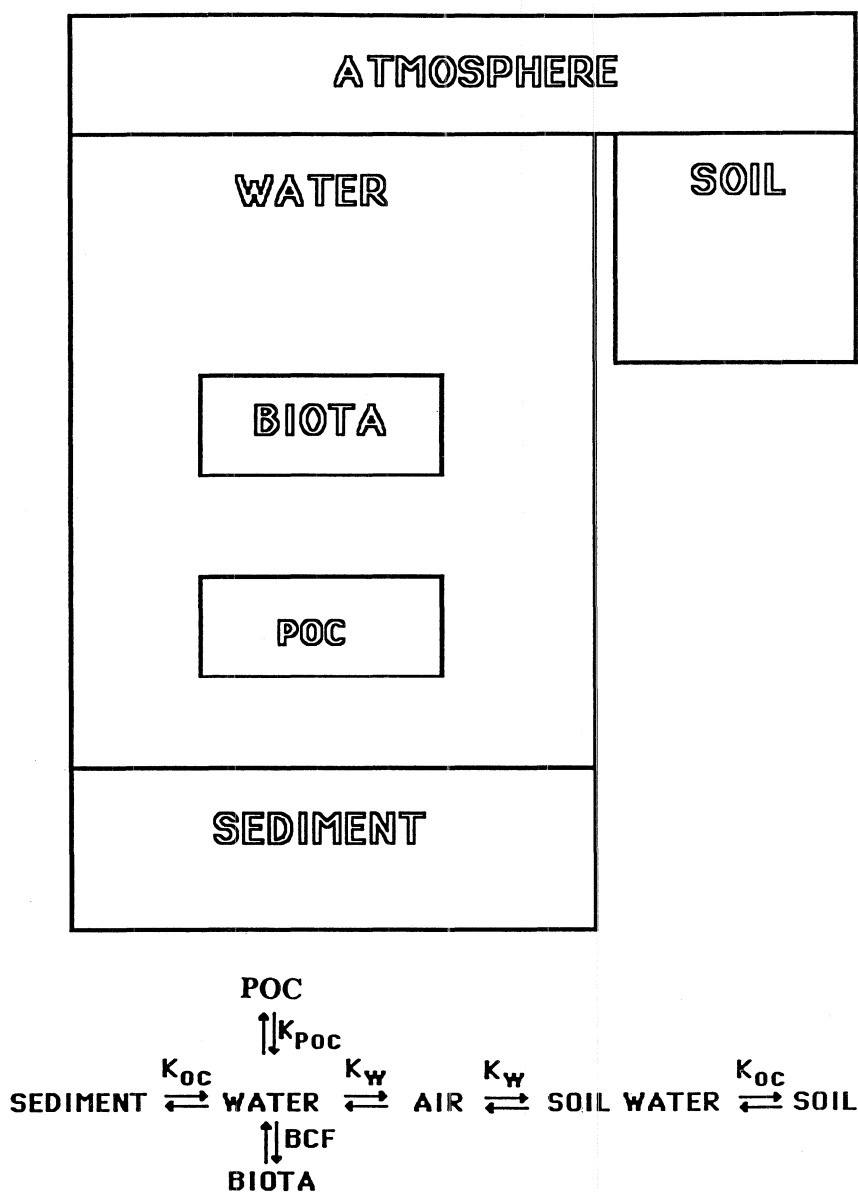


Fig. 2 - The environmental equilibrium partitioning model of McCall *et al.*, 1983.

THE EQUILIBRIUM PARTITIONING MODEL APPROACH

Approaches that describe the fate of a chemical are usually in the form of equilibrium partition models, such as that of Mackay *et al.*, (1983) and McCall *et al.*, (1983), where the aqueous environment is conceptualized as a series of adjacent compartments or phases (Figure 2). A chemical is capable of distributing itself among the compartments in a dynamic equilibrium. The primary physical process responsible for this distribution is the aqueous solubility of the compound which is low for HOCs.

Many authors have shown relationships between measured physicochemical parameters (namely the octanol/water partition coefficient, K_{ow} , and solubility, S) and sediment partitioning for a range of chemicals (HENRY *et al.*, 1989; CHIOU *et al.*, 1983, 1979; KENEGA & GORING, 1980; KARICKHOFF *et al.*, 1979). These correlations are helpful in predicting the sediment partitioning for unstudied HOCs and developing a first approximation about a system under study. The Mackay *et al.*, (1983) and McCall *et al.*, (1983) models incorporate K_{ow} and S to predict the distribution of HOCs between six phases (air, soil, water, Water Biota, POM, and sediment).

Since the presence of DOM, measured as dissolved organic carbon (DOC) can increase the apparent solubility of a chemical, the total soluble concentration of a trace organic chemical in the overlying bulk water column, C_w , is described as:

$$C_w = C_{aq} + C_{doc} \quad (1)$$

where C_{aq} is the concentration of the chemical unassociated (the free concentration) in the overlying bulk water and C_{doc} is the concentration of the chemical associated with the DOM ($< 0.45 \mu m$) of the overlying bulk water column, the «bound» concentration. The «free» chemical has been shown to be the primary form of the chemical taken up by the biota (ADAMS, 1984; MCCARTHY, 1989; HENRY *et al.*, 1989; LANDRUM *et al.*, 1985, 1987; LEVERSEE, 1983; MUIR *et al.*, 1986; MCCARTHY & JEMENEZ, 1985, a & b).

The equilibrium distribution of a HOC between sediment and water is characterized by a sediment/water distribution or partition coefficient, K_p (SCHWANZENBACH & WESTALL, 1981; MEANS *et al.*, 1980; KARICKHOFF *et al.*, 1979), i.e.:

$$K_p = \frac{C_{sed}}{C_{aq}} \quad (2)$$

where C_{sed} is the equilibrium concentration of a chemical associated with the sediment phase. The association of HOCs to sediment is highly correlated with the organic carbon content of the sediment material (CHIOU *et al.*, 1979, 1983; KARICKHOFF *et al.*, 1979). It is primarily this organic coating of the sediment, when the sediment organic carbon is greater than 0.5%, that interacts with the chemical. Sediment/water partition coefficients are often normalized to the fraction of organic carbon (f_{oc}) of the sediment, i.e.:

$$K_{\text{oc}} = \frac{C_{\text{sed}}}{C_{\text{aq}}^* f_{\text{oc}}} \quad (3)$$

where K_{oc} is the organic carbon normalized sediment/water partition coefficient.

Measured or observed sediment/water partition coefficients are often 2 to 3 orders of magnitude less than predicted because the concentration of organic chemical in the water is overestimated (CAPEL & EISENREICH, 1989). This is apparently due to association of the organic chemical to the DOM which increases the apparent solubility of the chemical (BAKER *et al.*, 1986; CARON *et al.*, 1985; CARON & SUFFET, 1989; KILE & CHIOU, 1989; CARTER & SUFFET, 1982; BOEHM AND QUINN, 1973). However, it is only the freely dissolved chemical which is in equilibrium with the chemical associated with the sediment. Therefore, an observed or apparent sediment/water partition coefficient (K_{oc}') can be defined as (BAKER *et al.*, 1986):

$$K_{\text{oc}}' = \frac{C_{\text{sed}}}{(C_{\text{aq}} + C_{\text{doc}})^* f_{\text{oc}}} \quad (4)$$

If the concentration of DOM is low, C_{aq} will be much greater than C_{doc} , the C_{w} that is measured will approximate C_{aq} , and K_{oc}' will approximate the predicted sediment/water partition coefficient, K_{oc} . In systems where DOM is greater, the C_{doc} is not negligible and the measured sediment/water partition coefficient (K_{oc}') will be less than the predicted K_{oc} .

A measureable association of trace organic chemicals to DOM has been reported by several investigators since 1982 (CARTER & SUFFET, 1982). This association is analogous to the association of the chemical to the organic carbon fraction of sediments. A DOM/water partition coefficient, K_{doc} , normalized to the DOM concentration in the bulk aqueous

phase (just as K_{oc} is normalized to the fraction of organic carbon in the sediment phase), is described as:

$$K_{doc} = \frac{C_{doc}}{C_{aq} * [DOC_w]} \quad (5)$$

where $[DOC_w]$ is the concentration of the DOM in the overlying bulk water column. The association of HOCs with DOM is described as a liquid-liquid partitioning in which the chemical distributes itself between the immiscible DOM and aqueous phases (CHIOU, 1983; CHIOU *et al.*, 1979). This is a similar mechanism to the solubility effects of water insoluble solutes by micelle aggregates of surfactant monomers.

By substituting equation 5 into equation 4, the influence of naturally present DOM on the relationship between the apparent sediment/water partition coefficient, K_{oc}' , and the predicted partition coefficient, K_{oc} , can be shown as (BAKER *et al.*, 1986):

$$K_{oc}' = \frac{K_{oc}}{1 + K_{doc} * [DOC_w]} \quad (6)$$

The suspended sediment of the overlying bulk water column can be considered as a separate DOM phase into which a chemical pollutant can partition. Since it is mainly the fraction of organic carbon of the suspended matter which is responsible for the association of hydrophobic chemicals, these suspended mineral solids and microbiota are measured as POC, particulate organic carbon. Analogous to the sediment/water partitioning, an apparent POM/bulk water partition coefficient, K_{poc}' , can also be defined which takes into consideration the presence of DOM in the overlying bulk water column and its influence on C_w :

$$K_{poc}' = \frac{K_{poc}}{1 + K_{doc} * [DOC_w]} \quad (7)$$

The natural environment of bottom sediments is much different than the overlying bulk water column, e.g. pH, ionic strength, dissolved oxygen, metal speciation and concentration, DOM concentration and source, etc. This different environment may alter the structure of the DOM of the interstitial pore water which in turn may influence the association of a trace organic chemical to this DOM. Several studies have reported different K_{doc} values for different sources of the bulk water DOM to the same compound (LANDRUM *et al.*, 1987, 1984; WHITEHOUSE, 1985;

CARTER & SUFFET, 1983). These different values apparently are a result of different fractions and/or types of DOM. Different environments of bottom sediments might also have different types of interstitial pore water DOM (PW-DOM). For this reason, a unique DOC/water partition coefficient is needed for the interstitial pore water.

A partition coefficient for the interstitial pore water is defined as:

$$K_{\text{pwdoc}} = \frac{C_{\text{pwdoc}}}{C_{\text{aq}} * [\text{DOC}_{\text{pw}}]} \quad (8)$$

where C_{aq} is the concentration of the unassociated dissolved concentration of the chemical in the pore water (the «free» concentration), C_{pwdoc} is the concentration of the chemical associated with the PW-DOM (the «bound» concentration), $[\text{DOC}_{\text{pw}}]$ is the concentration of the DOM in the interstitial pore water, and K_{pwdoc} is the DOM/water partition coefficient for the interstitial pore water. Equation 8 is the interstitial pore water equivalent to equation 5 for the overlying bulk water column. If the K_{pwdoc} of a chemical is known, it can be used in the equilibrium partitioning model to predict $C_{\text{pw}}^{\text{aq}}$, the «free» and therefore bioavailable concentration of a trace hazardous pollutant in bottom sediments.

In summary, the Mackay *et al.*, (1983) and McCall *et al.*, (1983) model predictions are approximations for concentrations associated with different sorbed phases. The 6 phase models do not consider the HOC solubility enhancement by the bulk and pore water DOM which can result in an underestimation of the K_{oc} . Equations 6-8 show the effect of the DOM on the sorbed phases and suggest the inclusion of 2 more phases in the models when the DOM is sufficiently high and the compound is sufficiently hydrophobic (See Figure 3). Current understanding requires the determination of the individual constants K_{doc} and K_{pwdoc} to observe the actual concentrations and chemical forms in the aqueous phase.

CHEMICAL/ORGANIC MATTER PARTITIONING IN THE ENVIRONMENT

Many factors influence the control of the partitioning of HOCs to DOM and POM. These factors are combinations of: 1) the specific characteristics of the chemical pollutant, i.e. the chemical hydrophobicity; 2) the nature of the organic matter; and 3) physical-chemical parameters of the environment of the interaction. Because the nature of the organic matter and the physical environment will vary from location to location and are not at present incorporated into equilibrium partitioning

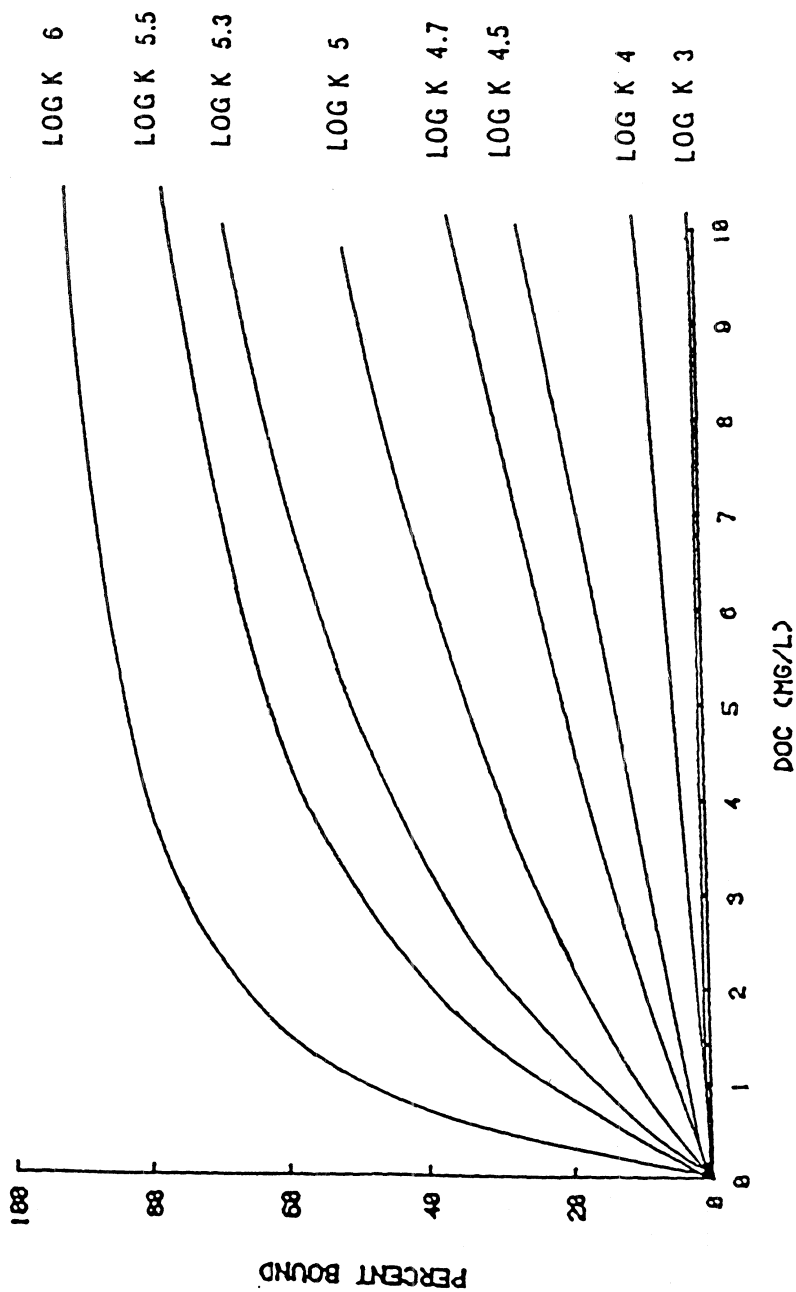


Fig. 3 - Influence of (DOC) on the percent bound for various K_{doc} values (CARTER & SUFFET, 1982).

models, it is best to determine the partition coefficients for DOM and POM phases of the aquatic system of interest.

The magnitude of the solubility enhancement by DOM association increases as the aqueous solubility decreases for a series of compounds (CARTER & SUFFET, 1982 and KILE & CHIOU, 1989). The effect is greatest for compounds with extremely low solubilities and $K_{ow} > 5$. The percent bound is equal to:

$$\% \text{ Bound} = \frac{10^{-6}K_{doc}[DOC]}{10^{-6}K_{doc}[DOC] + 1} * 100 \quad (9)$$

Figure 3 shows that a DOC of mg/l, the percent bound is 50% for a $\log K_{doc}$ of 5.3.

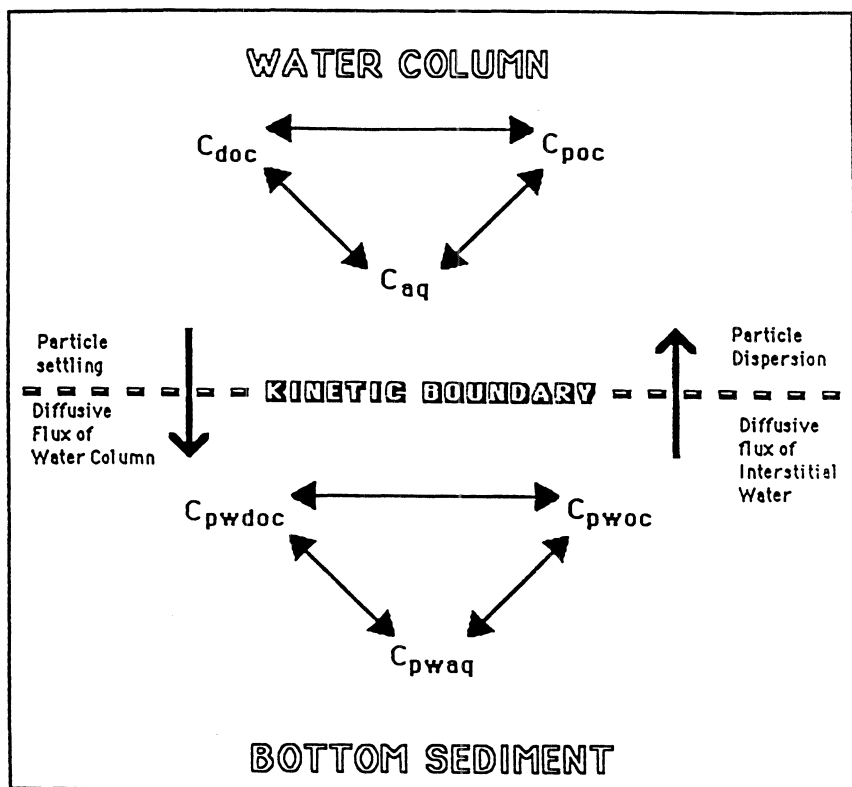


Fig. 4 - Relationships between the overlying water column and the interstitial pore water (Modified from CARON, 1988).

DOM of different types and sources will associate to different degrees with chemical pollutants. Variations in measured partition coefficients are to some degree related to the DOM concentration, but are more often a function of the «quality» of the DOM. Because the «quality» of the DOM will vary geographically, the «free» concentration of a chemical pollutant will be different in different environments. Carter and Suffet (1983) found the K_{doc} for DDT to be different for different sources of humic and fulvic acids, (Figure 4). Tables 1 and 2 show that there is a significant variation of K_{doc} with DOM source e.g. surface, lake bottom and interstitial pore waters for individuals PAHs and PCBs, respectively. In another study, terrestrial DOM showed higher K_{doc} for a range of PAHs compared to several sources of estuarine and oceanic DOM (WHITEHOUSE, 1985).

Variations in the association of chemical pollutants to dissolved humic materials has been correlated to differences in the structure and molecular properties of humic and fulvic acids, the main constituents of the DOM (KILE AND CHIOU, 1989, GAUTHER *et al.*, 1987). Marine humic matter is reported to be less aromatic, more aliphatic, less highly condensed, has a lower number of phenolic groups, is lower in C, and is richer in N, S, H, CO, and COOH groups than terrestrial humic material; terrestrial DOM is more lignin-like (WHITEHOUSE, 1985).

The structure of the macromolecules of dissolved organic matter has been studied by a variety of spectroscopic and functional group methods. Gauthier *et al.* (1987) studied the structural and compositional variations of 15 different humic and fulvic acids of marine, terrestrial, and commercial sources by IR and UV absorbance, elemental analysis, and ^{14}C solid state NMR. Pyrene partition coefficient to these different humic materials, measured by fluorescence quenching, varied as much a factor of 10 and were correlated to degree of aromaticity of the humic material. In another study, Kile and Chiou (1989) compared several lake humic materials and concluded that polarity, molecular size, and molecular configuration are important in influencing the degree to which a humic macromolecule will associate with nonionic organic compounds.

Association of chemical pollutants with the DOM is believed to be dominated by van der Waals type interactions (GAUTHER *et al.*, 1987). The ease of inducing the dipoles depends on the polar nature of the molecule. Any increase in the number of carbon to carbon double bonds in a humic macromolecule should increase its polar nature and would be expected to increase the strength of the van der Waals interactions. This, for example would account for the increased sorption of PAHs to humic macromolecules with higher aromaticity.

Equation 5 shows that the K_{doc} is a function of DOM concentration. Figure 3 shows that for a natural water containing DOM of 5 mg/L DOC, a HOC with a log K_{doc} of 5 will have 30% of the compound bound. For the same compound at a DOM of 10 mg/L DOC, 50% of the compound will be associated with the DOM. At realistic surface water DOM concentrations, partitioning by the DOM will influence the transport of the pollutant primarily for those compounds with log K_{doc} values greater than 5. When DOM concentrations are high (> 10 mg/l), such as in the pore water, the influence of DOM/HOC interactions may become significant for compounds with lower K_{doc} values.

In general, the DOM concentration is greater in the interstitial pore water than in the overlying bulk water column (CARON & SUFFET, 1989; MOREHEAD *et al.*, 1986; THURMAN, 1985; LYONS *et al.*, 1979). Most studies of interstitial pore waters are of marine environments; few studies have been done for fresh water systems. Field data (MOREHEAD *et al.*, 1986; BROWNAWELL & FARRINGTON, 1985) and laboratory data (CARON & SUFFET, 1989) has shown that the equilibrium distribution partition coefficients of chemical pollutants are different in the interstitial pore water and the overlying bulk water column. These differences may indicate that the interstitial pore water DOC is in a more stabilized final form of naturally decomposed organic material. Fig. 4.

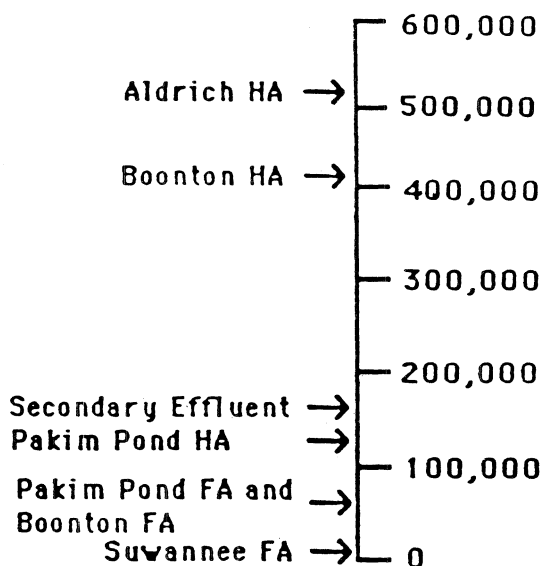


Fig. 5 - Effect of humic material type and source on the K_{doc} for DDT (CARTER & SUFFET, 1983).

DISCUSSION

The concept of equilibrium partitioning is used to determine the fugacity, i.e. the freely dissolved aqueous concentrations, of hazardous trace organic chemicals in interstitial pore water. It has been indicated that the freely dissolved concentration of chemical pollutants is the bioavailable and potentially toxic form (McCarthy, 1988; Henry, 1987; Landrum *et al.*, 1987, 1985; Muir *et al.*, 1986; McCarthy & Jemenez, 1985 a & b; Adams, 1984). In this approach, the theoretical concentration of freely dissolved chemical is calculated and then used to predict the bioavailability and toxicity of hazardous trace organic chemicals.

The theoretical freely dissolved concentration can be determined by using equilibrium partitioning methods and measurements of the sediment «bound» pollutant concentration, the amount of organic carbon associated with the sediment, and the dissolved organic carbon concentration of the interstitial pore water. An equilibrium model based on that of McCall *et al.* (1983) and MacKay *et al.*, (1983) is proposed in this report to describe the partitioning of chemical pollutants in aquatic environments. The model is expanded to include the distribution of the pollutant in the bottom sediments and the effects of suspended sediment (particulate organic carbon) and dissolved organic carbon in an 8 phase partitioning model appropriate for hydrophobic organic chemicals.

A review of literature reported values for $\log K_{doc}$ shows that the DOC partitioning is greatly influenced by the source of water (see Tables 1 and 2 and Figure 5). This site variation of DOC «quality» involves the DOC structure and composition and may be a result of the bottom sediment environment. At present, it is unknown how the bottom sediment environment will affect the DOC structure and its association with chemical pollutants.

The over two orders of magnitude difference in K_{doc} (assuming the data is correct in Tables 1 and 2) is too large an error to enable a realistic and overall prediction of biological accumulation of pollutants and thus site specific constants are needed. These site specific constants for a pollutant should be completed and compared to measurements of the freely dissolved chemical at the site to confirm that equilibrium calculations can be done at that site. It is also necessary to find out if the constants presented in Tables 1 and 2 are indeed constants. In this manner, sediment criteria can be developed for pollutants of interest.

It is concluded that the presence of interstitial pore water DOC will greatly effect the amount of a trace nonpolar associated with the sedi-

ment phase. The presence of DOC will increase the total amount of the chemical in the aqueous phase by increasing the chemical's solubility. As a result, the bioavailable concentrations of toxic chemicals in interstitial pore waters are very much dependent on the DOC concentration. Direct measurements of the freely dissolved concentrations are essential in establishing bottom sediment criteria. Predicted concentrations from equilibrium partitioning modeling should be used with caution because: a) a true understanding of the physical interaction mechanism between DOC and trace organic hazardous chemicals in bottom sediment environments is unknown at this time; and b) the measured partitioning (K_{doc} and K_{pwdoc}) appears to be site specific.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was partially supported by Battelle Research Institute, Northwest for the research project «Fugacity Measurements in Interstitial Pore Waters» (EPA Contract No. 68-01-6986, Work Assignment 77, Task 6, Christina Cowan, Work Assignment Leader).

REFERENCES

- ADAMS W. J., 1984 - *Bioavailability and Safety Assessment of Lipophilic Organics Sorbed to Sediments*, Presented at the EPA Sediment Workshop, Floressant, CO, April.
- BAKER J. E., CAPEL P. D. & EISENREICH S. J., 1986 - *Influences of Colloids on Sediment-Water Partition Coefficients of Polychlorobiphenyl Congeners in Natural Waters*, Env. Sci. and Tech., 20, 1136-1143.
- BATLEY G. E. & GILES M. S., 1979 - *Solvent Displacement of Sediment Interstitial Water Before Trace Metal Analysis*, Water Research, 13, 879-886.
- BOEHM P. D. & QUINN J. G., 1973 - *Solubilization of Hydrocarbons by the Dissolved Organic Matter in Sea Water*, Geochem. Cosmochim. Acta, 37, 2459-2477.
- BROWNWELL B. J. & FARRINGTON J. W., 1985 - *Partitioning of PCBs in Marine Sediments*, Chapt. 7 in Marine and Estuarine Geochemistry. A. C. Sigleo and A. Hattori, Eds, Lewis Pubs., MI, 97-120.
- CAPEL P. D. & EISENREICH S. J., 1989 - *Sorption of Organochlorines by Lake Sediment Porewater Colloids*, Chapt. 13, in Advances in Chemistry Vol. 219, I.H. Suffet and P. McCarthy, Eds, ACS, Wash. D.C., 185-207.
- CARON G. & SUFFET I. H., Chapt. 9, 1989 - *Biding of Nonpolar Pollutants to Dissolved Organic Carbon: Environmental Fate Modeling*, in Advances in Chemistry Vol. 219, I.H. Suffet and P. McCarthy, Eds, ACS, Wash. D.C., 117-130.
- CARON G., SUFFET I. H. & BELTON T., 1985 - *Effects of Dissolved Organic Carbon on the Environmental Distribution of Non-Polar Organic Chemicals*, Chemosphere, 14, 993-1000.

- CARTER C. W. & SUFFET I. H., 1983 - *Interactions between Dissolved Humic and Fulvic Acids and Pollutants in the Aquatic Environment*, Chapt. 11 in *Fate of Chemicals in the Environmen*, R. L. Swann and A. Eschenroeder, Eds., ACS Symp. Series No. 225, ACS, Wash. D.C., 217-229.
- CARTER C. W. & SUFFET I. H., 1982 - *Binding of DDT to Dissolved Humic Materials*, *Env. Sci. and Tech.*, 16, 735-740.
- CHIOU C. T., PORTER P. E. & SCHMEDDING D. W., 1983 - *Partition Equilibria of Nonionic Organic Compounds Between Soil Organic Matter and Water*, *Env. Sci. and Tech.*, 17, 227-231.
- CHIOU C. Y., PETERS L. J. & FREED V. H., 1979 - *A Physical Concept of Soil-Water Equilibria for Nonionic Organic Compounds*, *Science*, 206, 831-832.
- DE LAUNE R. D., REDDY C. N. & PATRICK W. H. JR., 1981 - *Effects of pH and Redox Potential on Concentration of Dissolved Nutrients in an Estuarine Sediment*, *J. of Env. Quality*, 10, 276-279.
- DI TORO D. M., O'CONNOR D. J., THOMANN R. V. & ST. JOHN J. P., 1982 - *Simplified Model of the Fate of Partitioning Chemicals in Lakes and Streams*, in *Modeling the fate of Chemicals in the Aquatic Environment*, K. L. Dikson, A. M. Maki, and J. Cairns, Jr., Eds., Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, Mi, Chapter 10, 165-190.
- GAUTHER T. D., SEITZ W. R. & GRANT C. L., 1987 - *Effects of Structural and Compositional Variations of Dissolved Humic Materials on Pyrene K_{oc} Values*, *Env. Sci. and Tech.*, 21, 243-248.
- HENRY L., 1987 - *Sorption of Organic Chemicals on Natural Organic Matter in the Water Column and the Effects in the Toxicity of the Chemicals to Daphnia Magna*, Ph. D. thesis, Drexel University, 1987.
- HENRY L., SUFFET I. H. & FRIANT S. L., 1989 - *Sorption of Chlorinated Hydrocarbons In the Water Column By Dissolved and Particulate Material*, Chapt. 11 in *Advances in Chemistry Vol. 219*, I. H. Suffet & P. McCarthy, Eds. Wash. D.C., 159-171.
- HUNCHAK-KARIOUK K. & SUFFET I. H., 1991 - *Partitioning of a PCB in Interstitial Pore Water: Characterizing The Role of Bottomn Sediment Environments*, Extended Abstract, Div. of Environmental Chemistry, ACS, Aug. 25-30, NY NY.
- HUNCHAK-KARIOUK K. & SUFFET I. H., 1991 - *Binding of Organic Pollutants to Humic Substances*, Third International Nordic Symposium on Humic Substances, Aug. 23, 1991, Turku/Abo Finland.
- KARICHOFF S. W., BROWN D. S. & SCOTT T. A., 1979 - *Sorption of Hydrophobic Pollutants on Natural Sediments*, *Water Research*, 13, 421-428.
- KENEGA E. E. & GORING C. A. I., 1980 - *Relationship Between Water Solubility, Soil-Sorpotion, Octanol/Water Partitioning and Bioconcentration of Chemicals in Biota*, in ASTM STP 707 «Aquatic Toxicology», J. G. Eaton et al., Eds, 78-115.
- KILE D. E. & CHIOU C. T., 1989 - *Water Solubility Enhancements of Nonionic Organic Contaminants by Dissolved, Soil, and Aqueous Humic Materials and Commercial Humic Acids*, Chapt. 10 in *Advances in Chemistry Vol. 219*, I. H. Suffet & P. McCarthy, Eds, ACS, Wash. D.C., 131-157.
- LANDRUM P. F., NILHART S. R., EADIE B. J. & HERCHE L. R., 1987 - *Reduction in Bioavailability of Organic Contaminants to the Amphipod Pontoporeia hoya by Dissolved Organic Matter of Sediment Interstitial Waters*, *Environ. Tox. Chem.*, 6, 11-20.
- LANDRUM P. F., REINHOLD M. D., S. R. NIHART & B. J. EADIE, 1985 - *Predicting the Bioavailability of Organic Xenobiotics to Pontoporeia hoya in the Presence of Humic and Fulvic Material and Natural Dissolved Organic Matter*, *Environ. Tox. Chem.*, 4, 11-20.

- LANDRUM P. F., NILHART S. R., EADIE B. J. & GARDNER W. S., 1984 - *Reverse Phase Separation Method for Determining Pollutant Binding to Aldrich Humic Acid and Dissolved Organic Carbon of Natural Waters*, Env. Sci. and Tech., 18, 459-467.
- LEVERSEE G. L., LANDRUM P. F., GEISY J. P. & FANNIN T., 1983 - *Humic Acids Reduce Bioaccumulation of Some Polycyclic Hydrocarbons*, Can. J. Fish. Aquatic. Sc., 40 (Suppl. 2), 63-69.
- LYONS W. B., GAUDETTE H. E. & HEWITT A. D., 1979 - *Dissolved Organic Matter in Pore Waters of Carbonate Sediments from Bermuda*, Geochim. Cosmochim. Acta, 43, 433-437.
- MACKAY D. S., PATERSON S. & JOY M., 1983 - *Applications of Fugacity Models to the Estimation of Chemical Distribution and Persistence in the Environments*, Chapt. 9 in *Fate of Chemicals in the Environment*, R. L. Swann and A. Eschenroeder, Eds, ACS Symp. Series No. 225, ACS, Wash. D.C., 175-196.
- MCCALL P. J., SWANN R. L. & LASKOWSKI D. A., 1983 - *Partition Models for Equilibrium Distribution of Chemicals in Environmental Compartments*, Chapt. 6 in *Fate of Chemicals in the Environment*, R. L. Swann and A. Eschenroeder, Eds., ACS Symp. Series No. 225, ACS, Wash. D.C., 105-123.
- MCCARTHY J. F., 1989 - *Humic Substances Reduce Bioavailability and Toxicity of Contaminants* Chapt. 18 in *Advances in Chemistry* Vol. 219, I.H. Suffet and P. McCarthy, Eds, ACS, Wash. D.C. 263-277.
- MCCARTHY J. F. & JIMENEZ B. D., 1985a - *Interactions Between Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Dissolved Humic Material: Binding and Dissociation*, Env. Sci. and Tech., 19, 1072-1076.
- MCCARTHY J. F. & JIMENEZ B. D., 1985b - *Reduction in Bioavailability to Bluegills of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Bound to Dissolved Humic Materials*, Environ. Tox. Chem., 4, 511-521.
- MEANS J. C. & WIJAYARATNE R., 1982 - *Role of Natural Colloids in the Transport of Hydrophobic Pollutants*, Science, 215, 968-970.
- MEANS J. C., WOOD S. G., HASSETT J. J. & BANWART W. L., 1980 - *Sorption of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons by Sediments and Soils*, Env. Sci. and Tech., 1980, 1524-1528.
- MOREHEAD N. R., EADIE B. J., LAKE B., LANDRUM P. F. & BERNER D., 1986 - *The Sorption of PAH onto Dissolved Organic Matter in Lake Michigan Waters*, Chemosphere, 15, 403-412.
- MUIR D. C. G., YARECHEWSKI A. L., KNOLL A. & WEBSTER G. R. B., 1986 - *Bioconcentration and Disposition of 1, 3, 6, 8 Tetrachlorodibenzodioxin and Octadibenzodioxin by Rainbow Trout and Fathead Minnows*, Env. Sci. and Tech., 15, 261-272.
- O'CONNOR D. J., 1988 - *Models of Sorptive Toxic Substances in Freshwater Systems. I: Basic Equations*, J. of Environ. Engineering, Vol. 114 (3), 507-532.
- SCHWARZENBACH R. P. & WESTALL J., 1981 - *Transport of Nonpolar Organic Compounds from Surface Water to Groundwater. Laboratory Sorption Studies*, Env. Sci. and Tech., 15, 1360-1367.
- SCOTT M. J. & MORGAN J. J., 1990 - *Energetics and Conservative Properties of Redox Systems*, Chapt. 29 in *Chemical Modeling of Aqueous Systems II*, eds. D.C. Melchior and R. L. Bassett, ACS, Washington D.C., 368-378.
- SUFFET I. H., HUNCHAK-KARIOUK K., WICKLUND A. & BELTON T., 1988 - *Trace Organic Analysis of Suspended Sediments Collected with an In-Stream Composite Sampler: The Need for a Standard Method*, in ASTM, STP 1976 «Chemical and Biological Characterization of Municipal Sludge, Sediment, Dredge Spoils and Drilling Muds», Eds. J. J. Lichtenberg et al., 184-203.

- THURMAN E. M., 1985 - *Organic Geochemistry of Natural Waters*, Marinus Nijhoff-Junk Publishers, Dordrecht.
- WEBSTER G. R. B., MULDREW D. H., GRAHAM J. J., SARNA L. P. & MUIR D. C. G., 1986 - *Dissolved Organic Matter Mediated Aquatic Transport of Chlorinated Dioxins*, Chemosphere, Vol. 15 (9-12), 1379-1386.
- WHITEHOUSE B., 1985 - *The Effects of Dissolved Organic Matter on the Aqueous Partitioning of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons*, Estuarine, Coastal and Shelf Sci., 20 393-402.

ABSTRACT - The modeling of the Fate of Hydrophobic Hazardous Organic Chemicals in Natural Waters.

The freely dissolved concentration of many hydrophobic chemical pollutants is a good indicator of their bioavailability and potential toxicity. The equilibrium partitioning has been used to describe the partitioning transfer of the chemicals between organic matter and particulate matter. The Authors are concluding that the presence of DOC will greatly effect the availability of the chemicals and therefore in the studies on freely dissolved concentrations a very important role seems to be played by DOC. The direct measurements of the freely dissolved concentrations are essential for determining their bioavailability.

RIASSUNTO - La modellizzazione del destino di composti chimici organici tossici ed idrofobi nelle acque naturali.

Gli AA. sviluppano il tema degli equilibri di ripartizione per determinare la fugacità di composti organici nell'acqua interstiziale ossia dei composti liberamente disciolti nell'acqua che sono quelli biodisponibili e potenzialmente tossici. La concentrazione di tali composti può essere calcolata usando metodi di equilibrio di ripartizione e misure della concentrazione dei composti legati al sedimento. Poiché la concentrazione biodisponibile di tali composti è legata alla sostanza organica disciolta DOC. Le conclusioni degli AA. sono che la misura diretta delle sostanze liberamente disciolte è essenziale per definire criteri di qualità dei sedimenti.

SESSIONE II

**ALIMENTAZIONE, INDUSTRIA DEGLI ALIMENTI
E SALUTE PUBBLICA**

SECTION II

FOOD, FOOD INDUSTRY AND PUBLIC HEALTH

GIUSEPPE BUCCIANTE & FRANCESCA VELLUTI

ALIMENTAZIONE E SALUTE

Questo titolo propone implicitamente il quesito dell'identificazione degli eventuali legami fra l'alimentazione e lo stato di salute.

È opportuno precisare che i collegamenti tra alimentazione e stato di salute sono molti e importanti e comprendono tutta una serie di problemi, che derivano dall'indisponibilità di alimenti o dall'uso incongruo degli stessi.

Nelle varie parti del mondo possono essere presenti o l'una o l'altra serie di problemi.

In Italia l'evoluzione dei consumi alimentari permette di mettere in evidenza un alternarsi di condizioni di difficoltà di approvvigionamento (all'inizio del secolo) e di condizioni di larga disponibilità di alimenti negli ultimi decenni con profonde modificazioni nelle proporzioni fra le varie categorie di alimenti consumati.

L'evoluzione dei consumi alimentari in Italia è stata messa in relazione con l'aumentata diffusione di alcune forme morbose.

Si prospetta quindi l'opportunità di influire sulle abitudini alimentari della popolazione.

Gli interventi sull'alimentazione finalizzati a salvaguardare la salute sono riconducibili a due categorie fondamentali:

1. interventi di prevenzione;
2. applicazione di una appropriata dietoterapia come parte della cura delle malattie.

Il punto 1 comprende iniziative di educazione alimentare della popolazione, il punto 2 presuppone l'effettuazione di prescrizioni di die-

toterapia, che sono per definizione personalizzate e individuali ed esulano quindi dalle finalità di questa relazione.

È opportuno che ci si soffermi brevemente sulle possibili conseguenze correlate con un bilancio energetico positivo per lungo tempo e/o con una dieta ricca di grassi:

obesità
dislipidemie
aterosclerosi
diabete mellito
ipertensione arteriosa
disturbi respiratori
calcolosi della colecisti
iperuricemia
artropatie
carcinoma della mammella
carcinoma dell'endometrio
carcinoma del colon.

Si tratta di condizioni che possono comparire associate all'obesità o anche indipendenti da questa.

Possiamo affermare che la prevenzione mira ad eliminare errori presenti nello schema alimentare:

- I. errori nel bilancio energetico
 - a) positivo (conseguenza possibile: obesità)
 - b) negativo (conseguenza possibile: malnutrizione proteico-calorica)
- II. errori concernenti gli apporti dei singoli componenti della dieta:
 - a) apporto eccessivo (p. es. di:
 - lipidi
 - colesterolo
 - sale
 - alcool
 - ecc.)
 - b) apporto insufficiente (p. es. di:
 - ferro
 - altri minerali
 - vitamine
 - fibre alimentari
 - ecc.).

Fra le conseguenze universalmente note degli errori alimentari per

eccesso vanno prese in considerazione le dislipidemie e l'ipercolesterolemia.

È stato constatato che i soggetti vegetariani, che assumono una quantità limitata di grassi alimentari e in particolare non assumono colesterolo, hanno valori di colesterolemia inferiori alla media della popolazione generale.

Questi dati testimoniano l'efficacia di certe caratteristiche della dieta nell'influire sui livelli colesterolemici.

I livelli del colesterolo sierico a loro volta sono correlati con il rischio di morte per coronaropatia. Il rischio aumenta progressivamente con l'aumento della colesterolemia, soprattutto se questa sale oltre il livello di 200 mg%.

È opportuno aggiungere che con un appropriato regime alimentare è possibile prevenire o correggere una dislipidemia, che non dipenda da fattori genetici.

Le differenze geografiche sull'incidenza e sui dati di mortalità della maggior parte dei tumori umani sono determinate in gran parte da fattori ambientali piuttosto che da fattori genetici.

Va anche sottolineato che la dieta è la principale variabile ambientale.

Nell'ambito dei vari componenti della dieta, anche l'eccesso di alcool può provocare una serie di effetti patologici, comprese lesioni neoplastiche.

L'importanza della dieta per quanto riguarda l'insorgenza di tumori può essere testimoniata dalle osservazioni su gruppi di popolazione che seguono rigorosamente particolari regimi alimentari. Queste osservazioni sono abbastanza agevoli negli Stati Uniti, dove coesistono gruppi religiosi con abitudini alimentari rigidamente collegate con il credo religioso. I Mormoni ad esempio, che si astengono da alcool, tè, caffè, tabacco hanno una ridotta incidenza di tumori all'esofago rispetto al resto della popolazione, e pur mangiando più carne non hanno un aumento nell'incidenza dei tumori del colon (per maggiore assunzione di fibre?).

I gruppi di persone che migrano da un continente a un altro acquisiscono rapidamente il rischio vigente nella nuova residenza. Conseguentemente la maggior parte dei tipi di tumore può essere in gran parte prevenuta. In Giappone l'incidenza del cancro dello stomaco è notevolmente più elevata che fra gli americani di origine europea, viceversa l'incidenza del cancro del colon è molto più bassa fra i giapponesi che fra gli americani. Tuttavia i giapponesi residenti negli Stati Uniti le incidenze di questi due tipi di tumore tendono ad avvicinarsi a quelle degli americani di origine europea.

È quindi legittimo porsi l'obiettivo di cercare di influire sull'incidenza dei tumori agendo sulla dieta.

Secondo stime recenti le modificazioni della dieta possono ridurre del 90% le morti da tumori del grosso intestino.

Sono stati individuati alcuni componenti dei comuni alimenti, che si sono rivelati efficaci nel ridurre l'incidenza di alcuni tumori. Per questi fattori vanno citate le cosiddette fibre alimentari, costituite da polisaccaridi vegetali e lignina residenti all'idrolisi da parte degli enzimi digestivi umani (Trowell).

Uno dei meccanismi con cui le fibre alimentari svolgono questo loro effetto è costituito dal freno all'assorbimento degli acidi biliari, dato che è stata accertata una correlazione fra concentrazione di acidi biliari nell'intestino e incidenza di tumori del colon.

Funzioni delle fibre alimentari:

- abbreviano il tempo di transito intestinale
- riducono l'assorbimento intestinale di:
 - glucosio
 - acidi biliari
 - grassi
 - azoto
- riducono i radicali liberi nell'apparato digerente.

Indicazioni per l'impiego delle fibre alimentari:

- prevenzione e terapia di:
 - stipsi
 - diverticolosi intestinale
 - diabete mellito
 - dislipidemie
 - obesità
 - morbo di Crohn.

Anche l'eccesso di sale, usato come conservante o come condimento può risultare rischioso per la possibile induzione di ipertensione arteriosa, ma anche per l'eventuale insorgenza di tumori dello stomaco.

L'eccesso di sale è un fattore lesivo per le papille gustative (con conseguente riduzione della sensibilità al sapore salato) e per le mucosa gastrica. È stata individuata una correlazione positiva tra incidenza di ictus cerebrale e insorgenza di carcinoma gastrico.

È pertanto consigliabile non eccedere nell'assunzione di sale, che non dovrebbe superare la dose di 5 g al giorno. Per ottenere questo è necessario non aggiungere sale ai cibi.

Da quanto precede non si deve trarre la conclusione che gli alimenti siano complessivamente dannosi al nostro organismo. È possibile anzi individuare uno schema di alimentazione, che tenga conto delle osservazioni fin qui citate e permetta di assicurare le esigenze fondamentali dell'organismo, costituendo infine anche un possibile mezzo di gratificazione.

Le regole da osservare sono le seguenti:
rispetto del bilancio energetico, cioè l'apporto energetico deve essere in armonia con la spesa energetica, costituita dalla somma del metabolismo basale e del consumo di lavoro.

Un criterio per valutare l'adeguatezza del bilancio energetico può essere costituito dall'indagine della correlazione fra peso e altezza, espresso per mezzo dell'Indice di Massa Corporea ($IMC = \text{peso}/\text{altezza al quadrato}$) che non deve superare il valore di 24 per le donne e di 26 per gli uomini. Se l'IMC è superiore ai suddetti valori bisogna provvedere a ridurre il peso corporeo.

L'apporto energetico globale deve essere ripartito in maniera razionale, evitando il frequente errore di eccedere nell'assunzione di grassi contenuti negli alimenti o aggiunto come condimento.

Infine le bevande alcoliche non devono comportare un'assunzione di energia da alcool che superi il 10% delle Calorie totali.

RIASSUNTO - Alimentazione e salute.

L'Autore esamina la relazione tra la dieta e le condizioni di salute della popolazione ed in particolare le connessioni tra possibilità di tumori ed alimentazione. Secondo i più recenti dati le modificazioni della dieta possono ridurre del 90% le morti da tumore del grosso intestino. Alcuni componenti della comune alimentazione in grado di agire in questo senso sono stati individuati: in particolare paiono giocare un ruolo importante le fibre alimentari costituite da polisaccaridi vegetali e lignina e resistenti all'idrolisi da parte degli enzimi digestivi.

ABSTRACT - Nutrition and Health.

Relationships between diet and health and, especially, the connections between nutrition and cancer are examined. After the last results in the cancer research, the 90% of the intestine cancers could be eliminated by changing the diet. An important role seems to be played by fibers contained in vegetables which can resist to the enzymatic digestive processes.

GIULIANO ZIGLIO

EFFETTI SULLA SALUTE DELLA PRESENZA DI CONTAMINANTI NELL'ACQUA POTABILE

1. LA SCOPERTA DELLA CONTAMINAZIONE

Le acque sotterranee rappresentano una delle risorse maggiormente impiegate dall'uomo per gli usi domestici, agricoli ed industriali. Tali risorse possono essere sfruttate mediante la perforazione di pozzi in acquiferi porosi o fessurati oppure mediante captazioni di sorgenti naturalmente emergenti dal sottosuolo.

Nel nostro Paese l'88% delle utenze civili (cioè ben più che in altri) si servono delle acque sotterranee (1). Pertanto un loro mancato uso per effetto di processi di contaminazione produce anche notevoli danni di ordine economico. È ad esse, pertanto, che va l'interesse prevalente di questa relazione.

Non è evento raro che la contaminazione delle acque divenga manifesta per via di una macroscopica alterazione delle caratteristiche organolettiche. Ciò è tipico delle situazioni esplosive, quando la contaminazione raggiunge livelli tali da essere apprezzata visivamente (colore) o al consumo (odore e/o sapore). La soglia di percettibilità odorifera dei composti organici (o di loro prodotti di degradazione) che possono raggiungere le acque è quanto mai variabile (da milligrammi a frazioni di microgrammo per litro). Non tutte queste sostanze presentano concentrazioni valutabili sensorialmente che siano più basse di quelle in grado di produrre effetti cronici nell'uomo. D'altro canto, non si conoscono attualmente composti chimici che produrrebbero la morte del soggetto (adulto), qualora risultassero presenti nell'acqua a concentrazioni inferiori alla soglia di percettibilità (2).

Altre volte la scoperta di un fenomeno di contaminazione in atto può aver luogo nell'assoluta ignoranza di quanto succede o potrebbe succedere: è il caso del rilievo di interferenze analitiche di vario tipo durante i controlli routinari o nel corso della ricerca mirata a particolari contaminanti. Infine, in casi per fortuna poco frequenti, la scoperta della contaminazione è successiva agli effetti, immediati o a tempi molto brevi, prodotti dalle sostanze/agenti responsabili della medesima (ad esempio: sintomi gastro-enterici per contaminazione chimica o microbiologica).

In tutte queste evenienze nasce il problema, a volte non semplice, di chiarire quale sostanza o quale agente è responsabile del fenomeno e quale ne sia l'importanza in termini biologico-sanitari, nonché di individuare immediatamente gli interventi e i correttivi. Purtroppo, le Autorità di Sanità Pubblica non sono ancora sufficientemente attrezzate a dare in tempi brevi le necessarie risposte a quesiti come quelli riportati nella *tabella 1*, che si riferiscono al caso di contaminazione da composti chimici.

Tab. 1 - Quesiti per i responsabili della Sanità Pubblica di fronte ad un episodio di contaminazione idrica

-
- da dove ha avuto origine l'inquinamento
 - come è giunto nell'acqua superficiale o nell'acquifero?
 - quali sono le conoscenze tossicologiche (qualitative e quantitative) del/i composto/i in causa?
 - esistono dati sull'animale, trasferibili all'uomo ed alle condizioni dell'esposizione in atto?
 - esistono dati circa gli effetti sull'uomo?
 - esistono limiti di concentrazioni ammissibili?
 - come si possono eventualmente calcolare?
 - come si può intervenire sulla sorgente di contaminazione?
 - quali costi occorrerà affrontare?
-

2. L'ESPOSIZIONE (a composti chimici)

L'esposizione per via idrica a composti chimici rientra in un modello più generale di esposizione ambientale, così come illustrato nella *tabella 2*.

La possibilità che la sostanza venga introdotta nell'organismo uma-

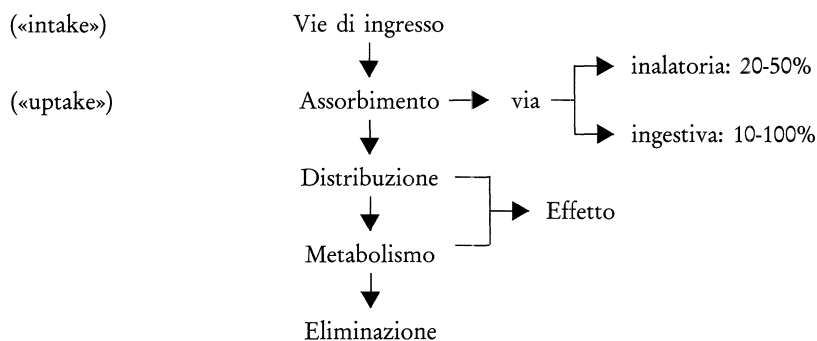
no con l'acqua potabile è funzione della sostanza stessa (caratteristiche chimico-fisiche, livello di concentrazione ambientale), nonché del singolo soggetto (caratteristiche biologiche e fisiologiche, abitudini ambienti di vita, situazioni concomitanti).

Possiamo distinguere, a questo proposito, le varie fasi dell'esposizione, riportate nella *tabella 3*. Si noti che attraverso la via ingestiva l'«up-

Tab. 2 - Modello di esposizione ambientale a composti chimici

1 Aria:	Esterna Interna (inquinamento «indoor» da composti presenti nel materiale costruttivo, negli arredi, oppure collegati al fumo di sigaretta, prodotti durante la cottura dei pasti, per esalazioni da impianti di combustione, nelle operazioni di pulizia e lavaggi in seguito ad altre attività domestiche o «terziarie» etc.)
2. Alimenti:	Contaminazione all'origine Contaminazione nel ciclo tecnologico Formazione endogena di contaminanti
3. Acqua potabile:	Ingestione Preparazione alimenti Esposizione indiretta (inalazione via cutanea)
4. Abitudini:	Fumo, farmaci, hobbies

Tab. 3 - Sorgenti/vie di esposizione



take» può salire (per i composti organici) fino a coincidere con l'«intake», cosa che non avviene per la via respiratoria. Nel caso di cationi (ad esempio Piombo, Alluminio, Ferro), il rendimento dell'assorbimento per via ingestiva oltre ad essere molto basso dipende dal soggetto e/o dall'età, dal tipo di alimentazione, della speciazione chimica etc.

L'effetto derivante dalla dose assunta è funzione della distribuzione della sostanza nei vari comparti, della sua eventuale trasformazione in metaboliti e della velocità di eliminazione (del composto e/o del metabolita).

In generale, il contributo dell'acqua potabile all'«intake» globale dei vari contaminanti ambientali può essere trascurabile (inferiore allo 0.1%) oppure può raggiungere pesi del 10% ed anche più, come nel caso di Magnesio, Fluoruri, Calcio, Nitrati, Piombo, Sodio, Trialometani ed altri composti organici (3).

Occorre però osservare che la quota di ciascun composto attribuibile all'ingestione di acqua potabile (in prima approssimazione identificabile con la concentrazione) risulta misurabile e in genere (caso della distribuzione centralizzata) controllabile con minore difficoltà di quanto non avvenga con le altre vie di esposizione (alimenti e aria).

3. EFFETTI E RISCHIO POTENZIALI

Sono in linea di principio possibili effetti acuti, riferibili a contaminazioni microbiche (singoli casi o epidemie) o a sostanze organiche od inorganiche, ed effetti di tipo cronico.

Presenza di agenti patogeni al di sopra delle rispettive dosi infettanti possono verificarsi in uscita dall'impianto per occasionali malfunzionamenti del processo di disinfezione e di altri pretrattamenti che condizionano l'efficacia di quest'ultimo, o nella rete distributiva per rottura o fenomeni idraulici connessi alla pressione della rete. Anche l'improvvisa contaminazione di risorse sotterranee, vulnerabili ma impropriamente ritenute sicure e quindi non disinfettate, può creare episodi epidemici di varie proporzioni (4).

Quando il carbonio organico nell'acqua potabile non supera gli 1-4 mg/L, gli effetti acuti imputabili a sostanze organiche sono relativamente improbabili (5). Sono possibili solo in determinate condizioni eccezionali ed a carico dei soggetti più giovani (nei quali il rapporto tra volume d'acqua ingerito quotidianamente ed il peso è più elevato): quando, cioè, il carbonio organico sia riferibile alla presenza esclusiva di uno solo, o al massimo di due contaminanti (*tabella 4*).

Tab. 4 - Effetti acuti associati a sostanze organiche nell'acqua potabile (5)

Posto che:

- 1) 2 L consumo standard (giorno/persona) di acqua
- 2) 1-4 mg/L carbonio organico (origine naturale) nell'acqua che rientra nei limiti di potabilità
- 3) 2-8 mg/L per apporto di sostanze organiche (note/sconosciute) di origine umana
- 4) 4-16 mg/giorno intake sostanze organiche
- 5) 350 sostanze organiche globalmente rinvenute nelle acque, di cui si conosce LD50 (RATTO) e/o TDLO (uomo): solo 6 composti producono effetti acuti a dosaggi inferiori a 20 mg/Kg

Si può affermare che:

- 1) sono di regola da escludere effetti acuti (i livelli riscontrati nelle acque potabili sono 100.000-1.000.000 x inferiori alle DL50 o alle TDLO note)
- 2) sarebbero ipotizzabili alcuni effetti tossici acuti solo nei bambini e se l'intero apporto di sostanze organiche si riferisse ad uno solo o due composti

Tab. 5 - Sostanze inorganiche nell'acqua potabile associate a possibili effetti acuti o cronici (non cancerogeni)

Composto	Effetto acuto	Effetto cronico	Particolari gruppi a rischio (ipersuscettibilità)
Nitrati	Metaemoglobinemia (eccesso di Nitrati)		Lattanti (infezioni g/i) (in aree agricole)
Fluoruri	Più carie (difetto di F)	Fluorosi (eccesso di F)	Bambini (difetto di F)
Solfati	Effetto lassativo in presenza di Magnesio		
Alluminio		Vari disordini neurologici	Dializzati (demenzia)
Cadmio	Sindromi gastro-intestinali		Soggetti che consumano liquidi in contenitori saldati con leghe di Zinco che contengono impurezze di Cd.
Sodio	Effetti cardiologici	Ipertensione (?)	Soggetti a dieta ristretta in Sodio
Durezza		Danni cardio-circolatori	Popolazioni che consumano acque naturalmente dolci

Possibili effetti acuti e cronici (non cancerogeni) imputabili a sostanze inorganiche sono indicati nella *tabella 5*, qualora dette sostanze superino le concentrazioni oggi ammesse: metaemoglobinemia, incremento di incidenza della carie in carenza di fluoro, sindromi gastrointestinali, disordini neurologici, ipertensione etc.

La disponibilità di dati tossicologici sull'uomo o, ben più frequentemente, derivati dagli animali di laboratorio è uno strumento fondamentale per affrontare il problema degli effetti cronici della contaminazione. Gli effetti tossici cronici di una sostanza chimica sull'organismo possono essere distinti in effetti a carattere terminale oppure a carattere autoreplicativo.

Nel primo caso l'intensità dell'effetto sulle cellule colpite è funzione dell'intensità dell'esposizione: se l'agente viene rimosso tempestivamente il processo patologico regredisce; al contrario, avviene la morte delle cellule per necrosi.

Qualora esistano informazioni tossicologiche su di una determinata sostanza, anche se non specifiche per l'introduzione per via idrica, è possibile, sulla base di alcune premesse e mediante il calcolo, trasformare i dati disponibili per l'uomo («Threshold Limit Values» come tossicità sistematica per 8 ore/dì: TLV8h) o per l'animale («No Observable Effect Level» o «NOEL»; o Observable Adverse Effect Level» o NOAEL; Lowest Observed Effect Level o LOEL) in Dose giornaliera ammissibile per via alimentare (DGA), cioè la quantità di sostanza ingeribile quotidianamente senza danno per la salute. Dalla DGA si passa alla concentrazione idrica, tenendo conto del peso P (70 Kg), del consumo d'acqua (2 L/d) e di un fattore di sicurezza o di indeterminatezza F (variabile tra 10 e 1000), come risulta dalla formula (1) qui di seguito riportata:

$$C \text{ (mg/L)} = \frac{DGA \text{ (mg/Kg/d)} \times P \text{ (70 Kg)}}{2 \text{ (L/d)} \times F} \quad (1)$$

In certi casi, per meglio proteggere la popolazione, si fa riferimento al peso standard del bambino o dell'infante e parimenti al consumo idrico dei medesimi soggetti.

Nel caso di effetti a carattere autoreplicativo, la lesione è a livello del genoma (o dei meccanismi di autoregolazione cellulare), così che il danno «mutageno» od «oncogeno» induce la proliferazione di nuove cellule permanentemente alterate. Anche se l'agente non è più presente, il danno eventualmente prodotto al DNA è permanente.

Il meccanismo della cancerogenesi è in realtà ben più complesso di

quanto grossolanamente sopra ricordato: fase di iniziazione, azione dei promotori, fase di progressione, azione di vari inibitori, ruolo degli oncogeni, importanza della frequenza dell'esposizione, caratteristiche e processi di metabolizzazione, suscettibilità genetica o temporanea dell'ospite etc. (6). Tuttavia l'implicazione più importante per i composti chimici capaci di indurre la prima fase del processo (cancerogeni iniziatori) è l'impossibilità, almeno da un punto di vista teorico/concettuale, di fissare una soglia di sicurezza: un composto cancerogeno o mutageno deve essere valutato in termini di rischio piuttosto che in termini di «sicuro» o «non sicuro».

I presupposti per l'esistenza di un rischio cancerogeno da ingestione di acqua sono i seguenti:

- a. Presenza nell'acqua consumata di sostanze dimostrate cancerogene nell'uomo o nell'animale (Gruppo 1 e 2A secondo la classificazione dello IARC).
- b. Presenza di singole sostanze, singole categorie di sostanze, concentrati di acque, che risultino positivi ai tests di mutagenesi in vitro (può risultare importante il contributo all'azione mutageno-cancerogena dei «by-products» derivanti dalla disinfezione dell'acqua con il cloro).
- c. Continuità e durata nel tempo (decenni) dell'esposizione, in modo da rendere probabile la comparsa di una cellula differenziata cancerogena (evento irreversibile).
- d. Possibile raggiungimento per accumulo di una dose critica.

I limiti di accettabilità di sostanze che producono effetti a carattere autoreplicativo sono calcolati mediante un modello previsionale del rischio di tipo lineare, multistadio, che non prevede una soglia di effetto. Allo scopo si utilizzano i dati ricavati da studi di laboratorio condotti ad alti dosaggi ed a lungo termine su più specie animali. Tali dati sono quindi trasferiti all'uomo ed estrapolati alle concentrazioni presenti nell'acqua. La relazione che si ottiene è del tipo indicato nella formula (2):

$$C \text{ (mg/L)} = \frac{70 \text{ (anni)} \times P}{B \times 2 \text{ (L)}} \quad (2)$$

ove P è il livello di probabilità prescelto di comparsa dell'evento-tumore dopo 70 anni di esposizione (livello di rischio) alla concentrazione C, mentre B rappresenta la relazione dose/risposta specifica della sostanza ed è un parametro sperimentale (7, 8).

In genere i livelli di probabilità accettati sono di un caso aggiuntivo

di tumore per ogni 100.000 (10^{-5}) o per ogni milione (10^{-6}) di soggetti esposti. Evidentemente quanto più si riduce la probabilità tanto minore è la concentrazione ammessa nell'acqua distribuita e maggiore il grado di protezione. Tuttavia livelli di probabilità di 10^{-6} sono ritenuti livelli di rischio naturali o «de minimis», che solo nel caso la dimensione della popolazione esposta fosse elevata (milioni di soggetti) potrebbero essere ridotti ulteriormente (ad es. 10^{-7}).

Nella *tabella 6* sono indicati i valori di concentrazione per alcune sostanze, calcolati sulla base della formula (2). Questi valori possono ulteriormente ridursi in funzione della «allocazione» del contributo della via idrica rispetto ad altre (inalazione, ingestione).

Limiti come quelli riportati nella *tabella 6* rappresentano la stima più prudentiale per la salute dell'uomo, anche se possono venire criticati per alcuni assunti e per la semplicità del calcolo. Infatti, per l'extrapolazione intra-specie (animale-uomo), per «scalare» la dose (da grammi/Kg a ug/Kg), per la possibile diversa via di somministrazione (inalatoria - ingestiva), per la diversità nella modalità e durata dell'esposizione, etc. occorre fare riferimento a certe assunzioni in parte basate su dati scientifici ma anche su stime e semplici intuizioni.

Il ricorso a modelli basati sulla fisiologia e farmacocinetica per descrivere in termini biochimici (costanti di vario tipo, velocità di metabolizzazione, coefficienti di ripartizione etc.) la distribuzione e la eliminazione di molecole xenobiotiche consentono un maggior livello di confidenza nell'extrapolazione intraspecie. Tali modelli necessitano però di tecniche di calcolo avanzate e adeguate (computers, programmi, codici di calcolo) per la risoluzione simultanea delle numerose equazioni che descrivono i processi (9, 10).

Tab. 6 - Concentrazioni nell'acqua potabile di alcune sostanze che si ritiene producano dopo 70 anni l'eccesso di 1 caso di tumore su 1 milione di esposti (contributo dell'acqua: 100%)

Sostanza	Concentrazione (ug/L)
Cloruro di Vinile	0,25
1,2 Dicloroetano	0,4
Tetracloruro di carbonio	0,3
Benzen	1,5
Epicloridina	4
Benzidina	1,610 ⁴

Non essendo praticabile o realistico (costi, tecnologia) adeguarsi immediatamente o a tempi brevi ai limiti indicati, è pratica comune fissare per tempi definiti limiti intermedi tra l'esclusione di effetti acuti e/o subacuti e l'esclusione del rischio cancerogeno. A tal fine il «Safe Drinking Water Committe» della National Academy of Sciences statunitense (11) ha formulato, per una serie di sostanze, valori/limite definiti «Suggested No Adverse Response Levels» o SNARL's a tempi diversi: esposizione acuta (1 giorno) subacuta (10 giorni) e cronica (70 anni), senza considerare gli effetti cancerogeni. Si veda al proposito la *tabella 7*. Tale approccio è stato successivamente tradotto in «Health advisories» per 31 composti organici (12).

In conclusione, notevoli sono le difficoltà metodologiche nell'individuare, quantizzare e quindi regolamentare il rischio connesso al consumo di acqua potabile che contenga composti ad azione mutagena/cancerogena a livello di ug/L o mg/L. La *tabella 8* elenca queste difficoltà, in genere ben note e facilmente documentabili, ed in gran parte inevitabili in quanto connesse con il tipo di approccio necessario. Nella *tabella 9* si esemplificano alcuni approcci nel campo normativo/decisionale relativi ad alcune tipiche situazioni di contaminazione.

4. RISCHIO INFETTIVO VERSO RISCHIO CANCEROGENO

La disinfezione è il trattamento più importante ed efficace per controllare e prevenire la diffusione idrica di malattie infettive. Se non si effettuasse la disinfezione di un'acqua contaminata, ciascun individuo della popolazione approvvigionata andrebbe quasi sicuramente incontro ad uno o più malattie nell'arco della propria vita, alcune delle quali con indici di letalità ancora non trascurabili (0.5-1%), soprattutto qualora si consideri la potenziale dimensione degli esposti. Per molto tempo il disinfettante più utilizzato è stato il cloro (ipocloriti e cloro gassoso). La scoperta di numerosi prodotti di neoformazione (reazione tra cloro e sostanze organiche dell'acqua di origine prevalentemente naturale), quali i Trialometani ed altri composti volatili e non volatili, ha aumentato l'uso di disinfettanti alternativi come il biossido di cloro, l'ozono e le cloroammine in particolare.

Alcuni di questi «by-products» si sono dimostrati mutageni, genotossici, cancerogeni negli animali da esperimento (13). Studi epidemiologici (14) hanno messo in evidenza che esiste un modesto rischio in eccesso di contrarre tumore associato al consumo di acqua disinfettata con cloro. In particolare tale eccesso di rischio risulta più significativo

Tab. 7 - Snarl's per alcuni composti clorurati (ug/L)

Composto	Durata dell'esposizione		
	1 g	10 gg	70 a
Diclorometano	13,000	1,300	150
Tetracloruro carbonio	200	20	—
Tricloroetilene	2,000	200	75
Tetracloroetilene	2,300	175	20
Metilcloroformio	—	—	1,000

Tab. 8 - Difficoltà nell'identificare il rischio cancerogeno ambientale da studi sull'uomo

- effettivo consumo di acqua
- non uniformità della esposizione
- esposizione cronica di cui non è noto l'inizio
- livelli di esposizione variabili nel tempo
- difficoltà a correggere per la mobilità della popolazione
- interferenza di fattori di rischio concomitanti
- insufficiente numero di parametri di contaminazione monitorati
- «insensibilità» delle indagini epidemiologiche
- monitoraggi da tempo insufficiente
- mancanza di efficienti registri tumori
- mancanza di «registri delle caratteristiche delle acque»
- mancanza di «registri dei trattamenti delle acque»

per il tumore della vescica, che a sua volta si manifesta con un lungo periodo di latenza (oltre 40 anni di consumo di acqua disinfettata). Tale eccesso di rischio sembra apparentemente collegato alla frazione di «by-products» non volatili (cioè non ai trialometani, che sono i composti più comunemente controllati dal punto di vista impiantistico e normativo).

In base ai dati di esposizione ai «by-products» da clorazione disponibili negli USA, è stato calcolato un rischio individuale medio di 10^{-4} nell'arco dell'intera vita (15). Se si tiene conto delle dosi infettanti trasmissibili e dei rispettivi rapporti morti/malati dei più comuni agenti patogeni trasmissibili con l'acqua potabile (vedi *tabella 10*), il rischio di

Tab. 9 - Esemplificazione di incertezze scientifico-metodologiche e di conseguenti comportamenti/decisioni nel campo della regolamentazione
(valutazione del rischio)

Composto	Effetto sulla salute	Incertezze	Decisioni
Nitrato/Nitrito	— metaemoglobinemia	— ruolo produzione endogena nitriti — ruolo di concorrenti infezioni gastro-intestinali — variabilità biologica degli esposti — reale valutazione del numero di esposti	— escludere gli infanti (0-12 mesi) dal consumo di acqua con NO_3 superiore a 40-50 mg/L — «automonitoraggio del contenuto di NO_3
	— tumore allo stomaco	— assenza chiara associazione tra rischio di tumore gastrico e assunzione di NO_3/NO_2 — contributo assunzione simultanea di composti nitrosabili (ammine sec/terziarie) — riduzione NO_3 e formazione endogena nitrosammine nell'uomo — fattori preventivi/antagonisti (vitamine C ed E) — contributi NO_3/NO_2 da acqua — reale valutazione del numero di esposti	— possibile riduzione concentrazione di NO_3 ammesso nell'acqua per il consumo umano
Cromo	— cancerogenicità	— differente azione biologica in funzione stato di ossidazione Cr^{III} elemento essenziale -Cr^{VI} mutageno) — Cr^{VI} cancerogeno solo per via inalatoria (tumori nasali in particolari categorie di lavoratori) — possibile riduzione Cr^{VI} a Cr^{IV} nello stomaco	— considerare cromo-totale — elevazione limite precedente (50 ug/L) a 100-150 ug/L (evitare accumulo cromo nei tessuti)

(Segue)

(Segue Tab. 9)

Composto	Effetto sulla salute	Incertezze	Decisioni
Sodio	— ipertensione	— controversità scientifica sul rapporto sodio-ipertensione — possibile ruolo dell'anione ($\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$) — possibile ruolo di altri cationi (K^+) — contributo dell'acqua varia in funzione del tipo di dieta e delle restrizioni nell'assunzione di sodio	— segnalare l'eventualità che un contenuto di Sodio nell'acqua di 100-200 mg/L possa essere rilevante (+50%) nell'apporto di Sodio per assunzioni ristrette (adulto: 500 mg/giorno) o per gli infanti (250 mg/giorno)

Tab. 10 - Probabilità di infezione per 1 microorganismo.
Tipici contaminanti delle acque (16)

Microorganismo	Probabilità di infezione in seguito all'esposizione ad 1 organismo	Dose necessaria per produrre infezione nell'1% degli infetti
<i>Campylobacter</i>	7 10^{-3}	1.4
<i>Salmonella typhi</i>	3.8 10^{-5}	263
<i>Shigella dysenteriae</i> 1	4.97 10^{-4}	20
<i>Shigella flexneri</i> 2A	1 10^{-4}	100
<i>Vibrio cholera</i> EI Tor	1.5 10^{-5}	667
Poliovirus 1	1.49 10^{-2}	0.67
Poliovirus 3	3.1 10^{-2}	0.32
Rotavirus	3 10^{-1}	0.03
<i>Entamoeba histolytica</i>	2.8 10^{-1}	0.04
<i>Giardia lamblia</i>	1.89 10^{-2}	0.5

morte per malattia infettiva, nell'ipotesi di assenza di disinfezione, è più di mille volte superiore al rischio collegato ai «by-products» della disinfezione (15).

Tramite semplici modelli di valutazione del rischio e semplici assunzioni sul tipo di esposizione, si può verificare che anche nel caso di agenti patogeni (a carica infettante prossima all'unità) esiste un certo rischio di trasmettere malattia. La presenza di rotavirus e poliovirus a concentrazioni superiori a qualche «unità» per metro cubo d'acqua distribuita produce rischi superiori a 10^{-4} . Analogamente a quanto previsto per la presenza di un metro cubo di qualche cisti di *Giardia* (16).

5. PROSPETTIVE NEL «CONTROLLO» DELLE ACQUE POTABILI

Se si esamina retrospettivamente (17) la sequenza dei principali problemi della contaminazione idrica da inquinanti organici verificatisi dagli anni Venti ad oggi, si scopre come il primo fu quello dei fenoli nelle acque superficiali, che crearono problemi non da poco alla qualità dell'acqua che si iniziava allora a trattare su grande scala con la clorazione. La soluzione in parte fu trovata con modifiche tecnologiche al processo di disinfezione e, dopo la fine della seconda guerra mondiale, il problema praticamente sparì con la riduzione del numero degli impianti di distillazione del carbone.

Venne poi negli anni '60 il momento degli alchilbenzensolfonati non biodegradabili, utilizzati nei detergenti; e la loro messa sotto controllo fu in molti Paesi un successo dei primi interventi «ecologici» sistematici.

La contaminazione delle acque da pesticidi troppo largamente impiegati in agricoltura e da impianti di raffinazione degli oli minerali seguì con prepotenza alla fine degli anni '60: i primi, in particolare, crearono timori per la loro tossicità, bioaccumulazione e scarsa degradabilità: la reazione portò i pesticidi ad essere i primi nelle liste delle sostanze chimiche la cui presenza era da escludere nelle acque potabili; anche se ridimensionato, il problema dei pesticidi è ancora lungi dall'essere risolto (come documentano i ritrovamenti di diserbanti nelle acque sotterranee).

La quarta ondata di preoccupazione fu determinata nella seconda metà degli anni '70 dalla constatazione che i triometani potevano derivare dai trattamenti di potabilizzazione con cloro: il problema fu più sentito dal pubblico statunitense e nord-europeo che da quello italiano, data la larga diffusione da noi del rifornimento con acque sotterranee; ma fu immediatamente sovrastato dalla constatazione che composti analoghi, quali il tri-, il tetracloroetilene ed altri, si ritrovavano in quelle stesse acque sotterranee ritenute erroneamente «naturalmente protette».

Se vogliamo ancora analizzare altri aspetti della «storia» della contaminazione chimica delle acque ben si presta quanto riportato da Zoetema per l'Olanda (18): la *tabella 11*, illustra gli sforzi nella sorveglianza sulla qualità delle acque dal 1955 ad oggi. Se allora l'attenzione era equamente distribuita tra i problemi di contaminazione alla sorgente e quelli derivanti dal trattamento, i quesiti relativi alla sorgente sono andati successivamente incrementando sino agli anni '70, mentre oggi sono predominanti quelli relativi alle modalità di trattamento. Lo scenario del futuro dovrebbe vedere, viceversa, predominanti nei prossimi anni (almeno nelle realtà dove sono già stati controllati gli aspetti dell'approv-

Tab. 11 - Mutamenti nelle strategie di sorveglianza dell'approvvigionamento idrico durante la seconda metà di questo secolo
(Categorie di interesse: Sorgente - Trattamento - Distribuzione) (18)

Anno	Percentuale di interesse		
	Sorgente	Trattamento	Distribuzione
1955	33	33	33
1970	50	25	25
1990	25	50	25
2000	20?	30?	50?

Tab. 12 - Numero dei composti regolamentati o segnalati nei:
«Who international standards for drinking water»
(Edizioni 1958, 1965, 1971, 1984)

		1958	1965	1971	1984
«Health related constituents»	inorganici	7	9	6	17
	organici	0	0	2	24
«Aesthetic constituents & characteristics»	inorganici	8	8	8	12
	organici	0	2	3	0
	chimico-fisici	6	7	7	6

Tab. 13 - Mutamenti nella natura del monitoraggio nel campo delle acque pubbliche durante questo secolo
(Categorie di interesse: Microbiologia, Chimico-inorg.-org., Tossicologia) (18)

Anno	Percentuale di interesse			
	Microb.	Chim.-inorg.	Chim.-org.	Tossicol.
1905	60	25	15	0
1950	50	35	15	0
1990	20	30	50	0
2000	45?	25?	25?	5?

vigionamento e del trattamento) gli sforzi di decontaminazione reattivi alle cessioni dai materiali della rete di distribuzione e dai rivestimenti, nonché alla moltiplicazione batterica (solfo - e ferro-batteri, stipiti resistenti ecc.). Se nella prima metà del secolo la questione della contaminazione microbica delle acque ha dominato sopra le altre, affiancata successivamente e poi sostituita dal problema della contaminazione chimica, inorganica prima ed organica (vedi *tabella 12*) poi, è prevedibile che il problema microbiologico si ripresenti propotentemente nei prossimi anni (18) con aspetti nuovi (agenti quali: Giardia, Cryptosporidium, Legionella pneumofila, ed altri; suscettibilità dell'ospite) di non facile soluzione (vedi *tabella 13*).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In questi ultimi 10-15 anni è stata rivolta notevole attenzione all'acqua potabile ed ai possibili rischi per la salute umana connessi alla presenza di composti estranei prodotti dall'uomo e dalla sua attività. Sono risultati coinvolti, con differenti ruoli e responsabilità, l'opinione pubblica, i distributori, i consumatori, le strutture di sanità pubblica, a vari livelli decisionali, la classe politico-amministrativa ed il mondo della ricerca scientifica.

Tentiamo di porre alcuni punti di riferimento circa i rapporti tra acqua e salute dell'uomo:

1. Le conoscenze sugli effetti possibili in termini di salute (soprattutto quelli di tipo cronico, associati alla continua esposizione a livelli estremamente bassi) sono limitate e soffrono di inadeguatezze sia di ordine qualitativo che quantitativo.
2. Ciononostante è necessario, al fine di poter gestire tale problematica, fare ricorso a procedure che rappresentano un accettabile compromesso (per altro ancora migliorabile) tra rigore scientifico e praticità del controllo. Ciò non toglie che, a volte, le decisioni assunte risultino ispirate a criteri che massimizzano i rischi (approccio conservativo).
3. La trasmissione di agenti patogeni attraverso l'acqua consumata è eventualità ancora possibile (mancato o inadeguato trattamento di disinfezione) e produce conseguenze documentabili ed accertate. Tuttavia, come nel caso della presenza di microcontaminanti dotati di azione cancerogena, solo l'assenza («teorica» e tecnicamente irraggiungibile) di alcuni virus e parassiti garantirebbe un rischio infettivo «zero» associato al consumo di acqua.

4. I rischi, espressi in termini di mortalità, associabili alla mancata pratica della disinfezione dell'acqua (in casi in cui risultasse necessaria), sono certamente superiori di ordini di grandezza ai rischi attribuibili alla presenza di «by products» da disinfezione con cloro. Mancano precise informazioni sul rischio (di tipo cancerogenetico e cronico in generale) associabile all'uso di disinfettanti alternativi. L'attenzione prioritaria a garantire la «sicurezza» dell'acqua dal punto di vista microbiologico risulta quindi evidente.
5. L'acqua captata, eventualmente trattata e distribuita, dovrebbe essere della migliore qualità. Tuttavia alcune caratteristiche organolettiche possono essere condizionate da difficoltà di ordine tecnico-economico, purché il compromesso raggiunto non comporti rischi non accettabili in termini di salute.
6. Devono risultare obiettivo primario le misure di prevenzione e controllo sulle potenziali sorgenti di contaminazione. Ovviamente gli investimenti in risorse tecniche ed umane dipendono dalla possibilità e dalle capacità tecnico-organizzative, nonché dalla gerarchia di priorità con cui il problema è stato messo all'attenzione.
7. L'acqua potabile non deve essere avulsa dal contesto più generale del corretto sfruttamento delle risorse idriche. Altre importanti modalità di esposizione per via idrica sono infatti individuabili nell'uso ricreativo (balneazione), nel consumo di determinati pesci, molluschi, e nel consumo di prodotti alimentari collegati all'agricoltura provenienti da acque o irrigati con acque che hanno ricevuto apporti di inquinanti e di nutrienti da fonti di contaminazione non adeguatamente controllate o non (ri)usate correttamente.
8. Le attuali conoscenze attribuiscono alla contaminazione ambientale/occupazionale un contributo complessivo del 10-15% di tutti i rumori. Non ci sono dati relativi al peso del consumo dell'acqua. Tutte le problematiche della contaminazione dell'acqua destinata al consumo umano non devono perciò essere né minimizzate né enfatizzate. Solamente con scelte gestionali che commisurino gli obiettivi alle reali disponibilità tecnico-finanziarie si potrà raggiungere, gradualmente nel tempo, un rifornimento idropotabile che soddisfi le esigenze di quantità ed i più stringenti requisiti di qualità.

BIBLIOGRAFIA

1. GIANNINO L., DE FULVIO S. & SARTI N., 1983 - *Qualità delle acque sotterranee usate in Italia a scopo potabile*. In: *Inquinamento delle acque sotterranee da composti organici clorurati di origine industriale*, 205-221. Monduzzi Editore, Bologna.
2. ZOETEMAN B. C. I., 1980 - *Sensory assessment of water quality*. Pergamon Press, Oxford.
3. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1984 - *Guidelines for drinking water quality*, Vol. 2. Health criteria and other supporting informations. Geneva.
4. GRAUN G. F., 1991 - *Causes of waterborne outbreaks in the United States*. Water Science and Technology, 24: 17-20.
5. KOOL H. J., VAN KREIJL C. F. & ZOETEMAN B. C. J., 1982 - *CRC critical review in environmental control*, 12: 307-357.
6. SHIELDS P. G. & HARRIS C. C., 1991 - *Molecular epidemiology and the genetics of environmental cancer*. Journal American Medical Association, 226: 681-687.
7. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1977 - *Summary report «Drinking water and health»*. Washington, DC.
8. ZIGLIO G., NARDI G. & FARA G. M., 1984 - *Considerazioni e prospettive in tema di rapporti tra acqua potabile e salute*. In: *Argomenti di Igiene Pubblica ed Ambientale*, 46-71. Quaderni dell'Istituto di Igiene dell'Università di Milano n. 22, settembre.
9. *Drinking water and health* Vol. 8, 1987 - *Pharmacokinetic in risk assessment*. National Academy Press, Washington D.C.
10. *Drinking water and health* Vol. 9, 1989 - *Part II: Pharmacokinetics and the risk assessment of drinking water contaminants*. National Academy Press, Washington D.C.
11. *Drinking water and health* Vol. 5, 1983. National Academy Press, Washington, DC.
12. PREMazzi G., CHIAUDANI G. & ZIGLIO G., 1989 - *Scientific assessment of EC standards for drinking water*. JRC CEE, October. EUR 12427 EN.
13. *Drinking water and health* Vol. 7, 1987 - *Disinfectants and disinfectant «by-products»*. National Academy Press, Washington D.C.
14. CANTOR K. P. et al., 1987 - *Bladder cancer, drinking water source and tap water consumption: a case-control study*. Journal National Cancer Institute, 79: 1269-1281.
15. BULL R. J., GERBA C. P. & TRUSSEL R. R., 1990 - *Evaluation of the health risks associated with disinfection*. CRC critical review of environmental control, 20: (2), 77-113.
16. ROSE J. B. & GERBA C. P., 1991 - *Use of risk assessment for development of microbial standards*. Water Science and Technology, 24: 29-34.
17. FARA G. M. & ZIGLIO G., 1987 - *Rischi per la salute da esposizione a composti chimici per via idrica*. In: *Acqua potabile bene primario per la salute: protezione e risarcimento*, 32-50. Quaderni Istituto Igiene Università di Milano, n. 31. Milano, maggio.
18. ZOETEMAN B. C. I., 1985 - *Drinking water and health hazards in environment perspective*. In: *Organic micropollutants in drinking water and health* (H.A.M. de Kruijf, H. J. Kool Editors), 485-530. Elsevier, Amsterdam.

RIASSUNTO - Effetti sulla salute della presenza di contaminanti nell'acqua potabile.

La contaminazione dell'acqua potabile da parte di composti chimici viene esaminata attentamente dall'Autore in particolare per quanto riguarda gli effetti cancerogeni e mutageni. L'applicazione di relazioni che colleghino l'effetto sull'animale e quello sull'uomo (NOAEL, LOEL in DGA) viene sviluppata sulla base delle attuali conoscenze giungendo sino agli SNARLs (Suggested No Adverse Response Levels), gli HA (Health Advisories) sviluppati recentemente dall'US-EPA. L'A. esamina inoltre il ruolo dei by-Products (o DBPs) ossia dei composti che si formano a seguito della disinfezione dell'acqua ad uso alimentare con mezzi chimici sottolineando come il rischio di morte per malattia infettiva in assenza di disinfezione sia di 1000 volte superiore a quello che conseguirebbe alla presenza dei by-products.

ABSTRACT - Chemical Pollution of Drinking Water and Its Effects on Public Health.

Drinking water pollution by chemicals is a very important problem not only for the dimension of the population involved, but, also, for the very large variety of compounds found in the distributed water. Many chemicals, indeed, are present, because of pollution, in raw water but some new compounds are produced during the purification processes (DBPs = Disinfection By-Products). The A. examines the possibility of the transfer of the results obtained with animals (NOAEL, LOEL etc.) to the human being through the use of DGA, SNARLs and Health Advisories. Comparing the risk for the public health of the by-products with the risk of infectious disease due to non-disinfected water, the A. concludes that the second is not less than three orders of magnitude than the first one.

EDOARDO TURCHETTO

ADDITIVI ALIMENTARI E LORO REGOLAMENTAZIONE

Gli additivi sono stati via via variamente definiti a partire dal 1956, quando se ne cominciò a parlare con serietà a Vienna, al Simposio della Commission Internationale des Industries Agricoles (C.I.I.A.).

Il Food & Nutrition Board statunitense, intende per additivo alimentare ogni sostanza diversa dall'alimento all'origine, che si ritrovi nell'alimento pronto per il consumo; non si fa distinzione fra additivo volontario e additivo involontario, cioè i residui dei trattamenti agro-zootecnici e tecnologici. Si è più vicini alla definizione di sostanza estranea già largamente utilizzata.

Alla fine degli anni '50 la citata C.I.I.A., in occasione del Simposio di Como aveva avanzato questa definizione:

«con il nome di sostanze aggiunte (substance chimiques d'addition) è opportuno comprendere tutte le sostanze che non sono, già all'origine, parte costituente dell'alimento, ma che gli vengono aggiunte al fine di migliorarne l'aspetto, l'odore, il sapore, la conservabilità e la stabilità.

Gli additivi vengono classificati così, in funzione della loro destinazione nell'alimento:

- a. composti contro le alterazioni di natura microbica (antisettici, fungistatici, antifermentativi);
- b. composti contro gli irrancidimenti dei grassi e l'imbrunimento:
 1. antiossidanti
 2. sinergisti (antiossidanti secondari, a sequestranti);

- c. composti per il controllo della qualità reologica:
 - 1. addensanti
 - 2. emulsionanti
- d. coloranti;
- e. aromatizzanti;
- f. nutrienti;
- g. sostituenti dello zucchero.

In Italia, gli additivi volontari sono disciplinati dal D.M. 31.3.1965 e successive modifiche; le liste positive indicano, per ciascun composto, i casi e le dosi d'impiego consentiti.

LISTA POSITIVA E LISTA NEGATIVA

Lista positiva è l'elenco di tutti gli additivi consentiti, con l'indicazione esatta dei casi nei quali l'additivo è consentito e della dose massima.

La lista positiva viene integrata ogni volta che ne compaia necessità, e viene ridotta non appena la bibliografia rende noti effetti indesiderati dall'additivo. Negli ultimi tempi sono state integrate le liste per quanto riguarda specialmente latte e derivati, prodotti da forno, vino; sono state ampiamente ridotte le liste dei coloranti sintetici mentre sono state indicate concentrazioni massime accettabili per alcuni costituenti di aromi naturali (tuione, asarone, ecc.)

Lista negativa significa che è consentito qualunque composto non specificamente vietato; in tale maniera sarebbero accettabili tutti i composti, anche i più tossici, fino a dimostrazione della loro tossicità.

Il consumatore, in ogni caso, non avrebbe la possibilità di distinguere, di norma, fra alimento trattato e alimento non trattato.

La lista positiva vale oggi per gli additivi volontari (di uso umano e zootecnico) e per i fitofarmaci ed i presidi delle derrate alimentari immagazzinate, e per gli imballaggi, recipienti, oggetti di uso domestico.

La legislazione ha regolamentato anche la produzione ed impiego di antiparassitari ed altri presidi preposti alla protezione delle colture e dei raccolti.

I composti ritenuti accettabili e privi di rischio sono detti GRAS, o Generally Recognized As Safe (norma statunitense).

- Innocuità di una molecola: è un grado accettabile di sicurezza che la molecola, anche se assunta per l'intera esistenza, non arreca danno accertato all'organismo.

Si possono ritenere innocue, o piuttosto prive di una tossicità significativa, le sostanze, utilizzate come additivi volontari, che compaiono a concentrazione non trascurabili negli alimenti e nelle bevande tal quali: l'acido acetico ed il propionico, l'acido tartarico ed il lattico; sono accettabili, a dosi determinate, anche tocoferoli e le lecitine, i mono ed i digliceridi, l'acido citrico e l'acido malico, l'acido fosforico e l'acido benzoico, le pectine e la glicerina, i coloranti e gli aromatizzanti naturali.

- Tossicità di una molecola: è la manifestazione, o l'insieme di manifestazioni dannose che l'assunzione di una molecola, a dose singola o per assunzione protratta nel tempo, causa all'organismo umano o animale.

Talune sostanze, ad esempio l'anidride solforosa o l'aldeide formica, presentano aspetti favorevoli, secondo un'opinione molto diffusa ma che trova dissenzienti, perciò casi d'impiego sono autorizzati dalle norme vigenti, sulla base della relazione rischio/beneficio; il rischio esiste, ma secondo i sostenitori dell'autorizzazione, esso è ampiamente compensato dalla possibilità di evitare la deteriorazione dell'alimento trattato.

VALUTAZIONE DELLA TOSSICITÀ

La tossicità di un composto viene valutata osservando gli effetti che il composto in esame causa immediatamente dopo la sua assunzione, o entro un numero limitato di ore; qualora il composto appaia esente da rischi in questa prima fase della sperimentazione, o dalla tossicità acuta, si passa alla somministrazione protratta per uno spezzone di vita dell'animale da esperimento, ed ottenendo il valore di tossicità a breve o medio termine; superata favorevolmente questa fase si passa alla determinazione della tossicità a lungo termine o cronica, oggi generalmente multigenerazionale per le molecole di sintesi estranee alla composizione dei comuni alimenti.

LA VALUTAZIONE DI ACCETTABILITÀ

Quando è dimostrata l'indispensabilità di una molecola nuova, si avvia la valutazione di accettabilità, casi e dosi di impiego compresi.

Quando si elabora una dose giornaliera accettabile, o DGA, si cal-

cola che l'assunzione può comunicare nella primissima infanzia e proseguire per tutta la vita. Tale DGA (DJA per i francesi, ADI per gli anglosassoni) richiede che siano dapprima stabilite:

- una dose senza effetto nocivo alcuno;
- una dose che causi una o più risposte anormali.

Le due dosi saranno tanto più attendibili quanto maggiore sarà stato il numero ed il tipo di animali oggetto della sperimentazione, e la durata di essa, su più di una generazione ove possibile, e con maggiore attenzione ai risultati forniti dagli animali più vicini all'uomo quando non si possa operare su di esso. Dovranno venire controllati alcuni indici significativi, quali, ad esempio:

- la concentrazione di metaboliti nelle urine;
- la concentrazione enzimatica di fluidi e tessuti;
- il bilancio degli elettroliti.

Secondo la National Accademy of Sciences degli Stati Uniti, una *no effect dose* è quella che, somministrata per due anni al ratto ed al cane, non provoca:

- disturbi dell'accrescimento;
- manifestazioni del tasso di mortalità;
- effetti biochimici e fisiologici negativi;
- danneggiamento evidente di organi e tessuti;
- effetti negativi sulla riproduzione.

In assenza di dati sull'uomo, sempre secondo la National Accademy of Sciences USA, la **no effect dose** non si può ritenere sicura al cento per cento; tuttavia non esistono, salvo casi particolari, altre soluzioni.

Fra i casi particolari di sperimentazione sull'uomo, oltre al DDT studiato su volontari reclusi, ha suscitato molto interesse lo studio degli effetti dell'acido fosforico e dei suoi derivati, un forte eccesso dei quali può causare osteoporosi, disturbi intestinali o sbilanciamento dell'equilibrio salino del siero.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Seppur sommariamente si è passato in rassegna il concetto di additivo, si è visto come può essere classificato e come si deduce il suo posizionamento sulla lista «positiva».

Positivo indica sicurezza scientifica d'uso.

In effetti esiste una sensibilità individuale sia a componenti che ad additivi alimentari.

Queste intolleranze sono rare, ma esistono, dovremo chiamarle ipersensibilità e/o idiosincrasie.

Chi ha questi livelli di sensibilità, una volta esattamente individuato il fattore inopportuno, potrà evitarlo leggendo attentamente le etichette. Le sigle servono alla chiarezza informativa.

Certamente questi problemi sono e rimarranno sempre aperti, ma se guardiamo l'oscuro, che c'era su questa realtà nel passato si deve riconoscere l'enorme passo avanti compiuto dagli studiosi e dai legislatori.

RIASSUNTO - Additivi alimentari e loro regolamentazione.

L'Autore sviluppa l'importanza della valutazione tossicologica degli additivi alimentari e quindi della definizione di criteri atti a valutare la accettabilità degli additivi stessi. La divisione in lista positiva e lista negativa degli additivi viene criticamente analizzata con particolare riguardo alle valutazioni tossicologiche secondo i criteri del GRAS (Generally Recognized As Safe).

ABSTRACT - Food Additives and their Regulation.

Toxicological evaluation of food additives is discussed with special emphasis for the food quality criteria. Positive and negative list are evaluated with regard to the GRAS (Generally Recognized As Safe) parameters.

ATTILIO SCIENZA

IL VINO: BEVANDA PER L'UOMO MODERNO

LE DINAMICHE DI CONSUMO DEL VINO IN ITALIA

Una recente ed approfondita ricerca, condotta nel 1989 dalla Doxa per conto dell'Ente Nazionale Interprofessionale per la valorizzazione del vino, ha evidenziato il trend negativo del consumo del vino in Italia a partire dall'inizio degli anni '80, come mostra la fig. 1. Disaggregando il dato statistico del consumo *pro capite* di vino si evidenzia, oltre ad una diminuzione del numero dei consumatori, una contrazione del consumo regolare, legata soprattutto alle mutate abitudini alimentari (importanza sempre minore del pranzo di mezzogiorno), ed ai notevoli cambiamenti che sono avvenuti nelle professioni, a favore di quelle a maggior impegno intellettuale.

Malgrado che circa il 15% degli italiani sia completamente astemio ed un altro 13% consumi solo saltuariamente bevande alcoliche, il vino è ancora la bevanda più diffusa nel nostro Paese, anche se è sempre più insidiata, in questo suo primato, dall'acqua minerale.

In base ai vissuti ed agli atteggiamenti verso il vino, la segmentazione tipologica dei consumatori che si ricava, evidenzia il maggior consumo di vino da parte della società più tradizionale (circa il 50% della popolazione italiana consuma circa il 50% della produzione totale di vino) ed i cali di consumo sono in gran parte imputabili alla riduzione progressiva di questi consumatori in termini percentuali sul totale della popolazione.

Si manifestano inoltre sensibili modificazioni nel tipo di vino consumato, in quanto alla contrazione del consumo da parte del consuma-

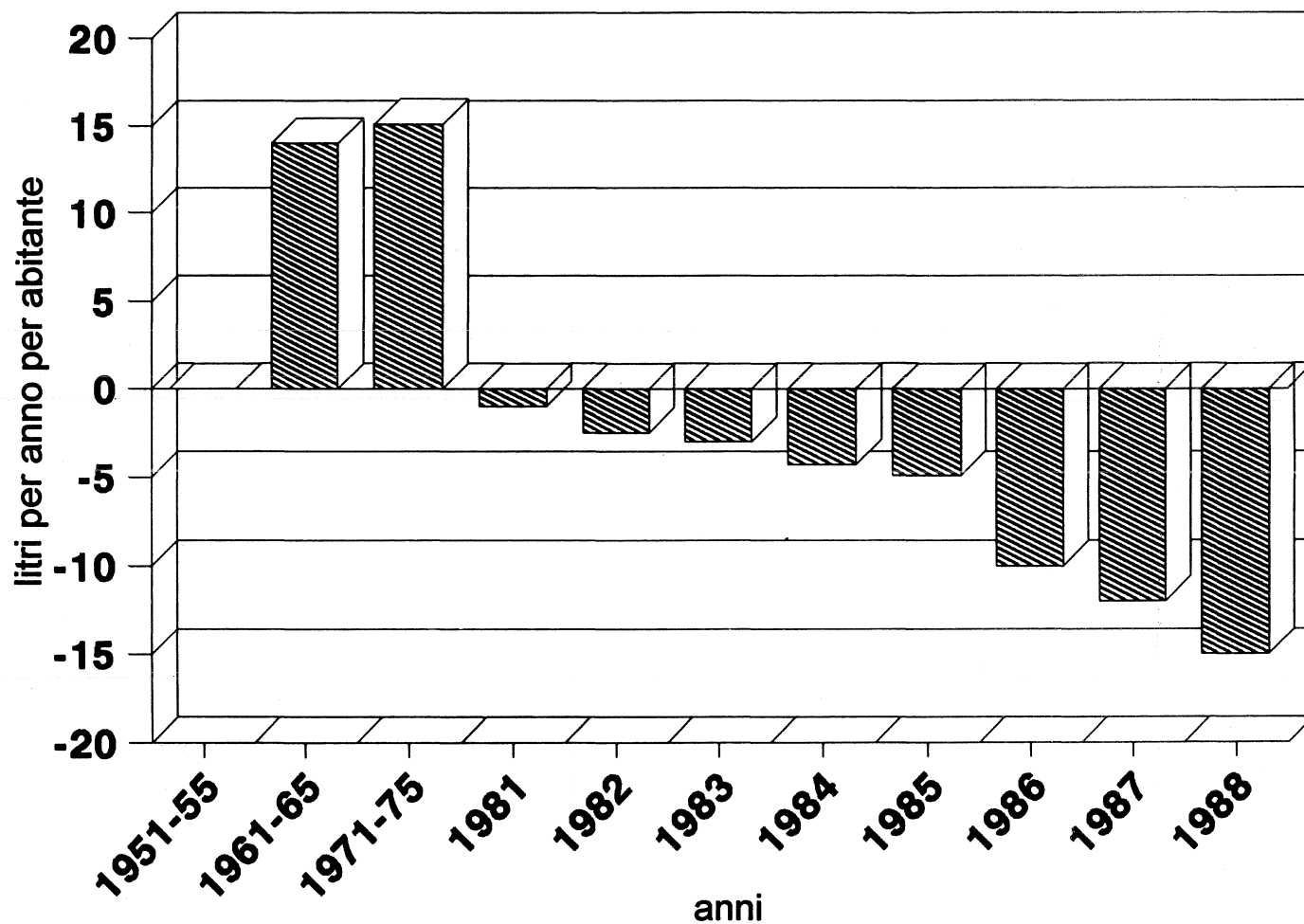


Fig. 1 - Consumi di vino nel periodo 1951-1988 (differenze assolute rispetto al periodo 1951-1955).

tore tradizionale corrisponde una parallela diminuzione del vino cosiddetto tradizionale, a vantaggio dei vini innovativi.

L'immagine del vino presso il consumatore ha molti connotati positivi: il vino è festa, è allegria, è un prodotto primordiale carico di tradizioni, è un prodotto della natura con virtù benefiche, anche se stanno avendo un ruolo crescente sull'immagine, alcuni aspetti negativi, quali la precezione che il vino sia una sostanza dannosa per l'organismo e la preoccupazione della diffusione dell'alcolismo.

Queste sensazioni sono più intense nei non consumatori ma esistono anche nei consumatori e si esprimono nella tendenza a limitare i consumi circoscrivendoli rigidamente al pasto ed alle situazioni sociali e collettive.

Un'importanza crescente, nella crisi di immagine del vino, sta ricoprendo il rapporto tra il medico ed il paziente. Il consumatore abituale di vino, anche se moderato, per la sempre maggiore frequenza con il medico, è frenato nel suo rapporto con il vino e la maggioranza dei medici interpellati consiglia di ridurre o addirittura di eliminare il consumo di vino.

Questo atteggiamento negativo della classe medica nei confronti del vino, esasperato dalla preoccupazione spesso esagerata per i problemi della salute e dell'aspetto fisico, è tra le cause principali, non solo in Italia ma in molti Paesi tradizionali consumatori di vino (ad es. la Francia), della progressiva disaffezione del consumatore per il vino.

Il consumo di vino in Italia è rappresentato dal vino rosso; vi è una notevole attitudine a consumare quasi sempre lo stesso vino, la cui provenienza si identifica con le località dove abita il consumatore.

Le principali pretese del consumatore nei confronti del vino in ordine decrescente sono il gusto, il sapore e la genuinità.

In questi ultimi anni è aumentata l'importanza dell'origine (DOC) e del produttore cioè delle fonti di garanzia del prodotto.

VINO E SALUTE: I COMPONENTI MINORI DEL VINO

Tra i medici non è infrequente il luogo comune di identificare il vino con l'etanolo, o meglio di attribuire esclusivamente al contenuto di etanolo le proprietà alimentari del vino e di ricondurre a questo importante componente tutti gli effetti positivi e negativi sulla salute dell'uomo. Molto probabilmente questo deriva dal fatto che i medici si sono interessati al vino solo perché è una delle cause dell'alcolismo. Come afferma Masquelier (1985), l'alcool è davvero l'albero che nasconde

la foresta. Sarebbe comunque un grave errore assimilare il vino ad una soluzione idroalcolica e non mancano le prove sperimentali che dimostrano l'esistenza nel vino di sostanze ad azione cosiddetta antialcolica. Queste sono da una parte sostanze che partecipano al metabolismo dell'alcool, (la tiamina o vitamina B 1) e dall'altra composti minori, come i polifenoli e gli idrati di carbonio che modulano l'effetto dell'alcool e ne accelerano l'utilizzazione da parte dell'organismo. Questo è solo un piccolo esempio del ruolo importante svolto dai costituenti minori del vino a beneficio, in questo caso, della utilizzazione dell'alcool ma in senso generale alla salute dell'uomo. Nell'antica Grecia le proprietà del vino venivano collocate ai vertici di un triangolo. Per i costituenti minori il ruolo prevalente è quello di medicamento, mentre l'etanolo è il responsabile maggiore delle prerogative nutritive ed energetiche e naturalmente di tossicità, se bevuto in eccesso. Il vino contiene circa

Tab. 1 - **Composizione chimica media del vino**
(Sicheri, 1985, rielaborata)

Sostanze secondarie del vino controllate dal vitigno, annata (ambiente) e tecnica colturale	Livelli ppm	Sostanze del vino provenienti dalla fermentazione alcolica e malolattica	Livelli ppm
Sostanze azotate (polipeptidi, aminoacidi, proteine, alcuni enzimi)	70-800 (come N)	Polialcolici minori (glicerolo, butanolo, 2,3 Butandiolo etc.	20 (g/l)
Sostanze pectiche	1000 - 200	Composti carbonilici (acetati, aldeide butirrica etc.	3-120
Polifenoli (ac. Fenolici,	400 -	Esteri	80-1500
Antociani, Tannini)	3500	Terpenoidi (Linalolo, Geraniolo, Citronellolo etc.)	1-100
Vitamine (complesso B, H, PP)	0.001	Acidi organici minori (succinico, lattico, piruvico, cheto-glutarico)	2000 - 4000
Elementi minerali (Potassio, Calcio, Magnesio, Sodio etc.)	1400 - 3500	Amine (Tiramina, Istamina, β -Feniletilamina)	20-120
		Uretano (Etilentiourea)	10-100 ppb

250 sostanze chimiche diverse. Esse provengono dall'uva, dalla fermentazione e da alcune contaminazioni dovute ai recipienti di conservazione (es. stirene, piombo, cromo) ed ai trattamenti viticoli ed enologici. Nella tabella 1 si può rilevare come l'origine dei costituenti minori del vino, presenti cioè in quantità ridotte (da pochi grammi ad alcuni microgrammi), sia molto diversa e quindi la composizione di questa bevanda possa subire anche importanti modificazioni a seconda di fattori genetici, culturali e tecnologici.

FATTORI CHE MODIFICANO LA PRESENZA DI COSTITUENTI MINORI DEL VINO

Determinante appare il ruolo del vitigno sul patrimonio polifenolico, (antociani e tannini) facilmente desumibile dal colore delle bacche. Non meno importante si rivela la scelta varietale sul contenuto di potassio, magnesio ed acidi organici (malico e tartarico), soprattutto per le interazioni che il vitigno manifesta con l'annata e l'ambiente pedoclimatico. Alcuni interventi di tecnica colturale quali la concimazione azotata e potassica, nonché l'irrigazione modificano i livelli di azoto e di altri elementi minerali nell'uva, mentre i trattamenti antiparassitari possono talvolta lasciare qualche traccia nel vino, con residui organici ed inorganici.

Lo sviluppo di malattie fungine sull'uva (*Botrytis*), può talvolta alterare anche profondamente la composizione chimica del mosto e quindi del vino. Sulla composizione del vino determinante appare la tecnica di vinificazione (in rosso o in bianco), soprattutto per le diverse possibilità che hanno le sostanze contenute nelle bacche e nei vinaccioli, in modo particolare tannini ed antociani, di passare nel mosto e quindi nel vino nel corso della fermentazione. Anche alcuni trattamenti di cantina, quali la chiarificazione, la filtrazione, la decolorazione con carboni attivi e la stabilizzazione a freddo ed a caldo possono influire sulla presenza di alcune sostanze nel vino, sia perché ne riducono il contenuto, sia per la cessione di elementi estranei (metalli in particolare). Un cenno particolare va riservato alla anidride solforosa, l'unico additivo chimico del quale è consentita l'aggiunta, che esplica alcune proprietà preziose, sia di natura biologica (antisettica e selettiva sulla microflora dei lieviti), che chimica per la sua attività riducente. I contenuti consentiti dalla legge non sono dannosi per la salute anche perché nel vino l'anidride solforosa è combinata con i costituenti a funzione aldeidica. Sono peraltro in atto ricerche specifiche per diminuire ulteriormente la presenza di anidride solforosa nel vino.

RUOLO FARMACOLOGICO DI ALCUNI COMPONENTI MINORI DEL VINO

Questi composti, spesso a struttura chimica complessa, sono i responsabili principali delle caratteristiche sensoriali di un vino (aroma, morbidezza, sapidità) ma non trascurabili sono anche gli effetti sulla salute umana. Tralasciando il significato dell'apporto vitaminico ed amminoacidico del vino, irrilevante sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo, si vuole invece porre l'accento su alcuni composti che sono invece peculiari della bevanda e che hanno inoltre una valenza biologica molto elevata.

Il maggior interesse va riservato ai polifenoli, composti chimici dei quali il vino è il mezzo di assunzione più efficace. Vengono compresi in questo termine i tannini e le sostanze coloranti dell'uva, composti chimici aventi nella molecola più nuclei fenolitici. Queste sostanze, presenti in moltissime specie vegetali, sono particolarmente rappresentate nella vite, in molti suoi organi, ma soprattutto nelle bacche (vinaccioli). Tutti hanno consumato delle procianidine senza saperlo. Chi non ha morso un frutto acerbo e risputato subito il boccone la cui asprezza sembrava intollerabile? Questo carattere astringente è proprio delle procianidine. Nel corso della vinificazione col favore di una macerazione lunga esse si dissolvono nel vino dove raggiungono spesso la concentrazione di 1-2 grammi per litro. Una soluzione acquosa a questo titolo sarebbe imbevibile. È solo il vino che ci permette di consumare piacevolmente delle molecole così spiacevoli. Praticamente noi eliminiamo le procianidine dai nostri alimenti con pratiche culinarie: la scelta dei frutti maturi, la pelatura, la cottura e così via. Ci priviamo così dei molteplici benefici che esercitano queste sostanze in campi tanto diversi come la protezione vascolare, la biosintesi del collagene e dei muco-polisaccaridi, il metabolismo lipidico, il processo aterogeno, la liberazione di istamina etc.

Masquelier (1962, 1987) in base alla loro attività biologica li suddivide in 4 gruppi:

- Polifenoli dotati di fattore antivirale e battericida.
- Polifenoli dotati di potere vitaminico (fattori vitamina P).
- Polifenoli attivi sul metabolismo del colesterolo.
- Polifenoli attivi nella disattivazione dei radicali liberi.

Il 12 maggio 1979 St. Léger, pubblica sul *Lancet* i risultati di un'indagine fatta in 18 Paesi sviluppati sui fattori associati alla mortalità cardiaca (Fig. 2). I tassi di mortalità sono confrontati con le diverse variabili, quali la densità di popolazione, la densità medica, il reddito lordo

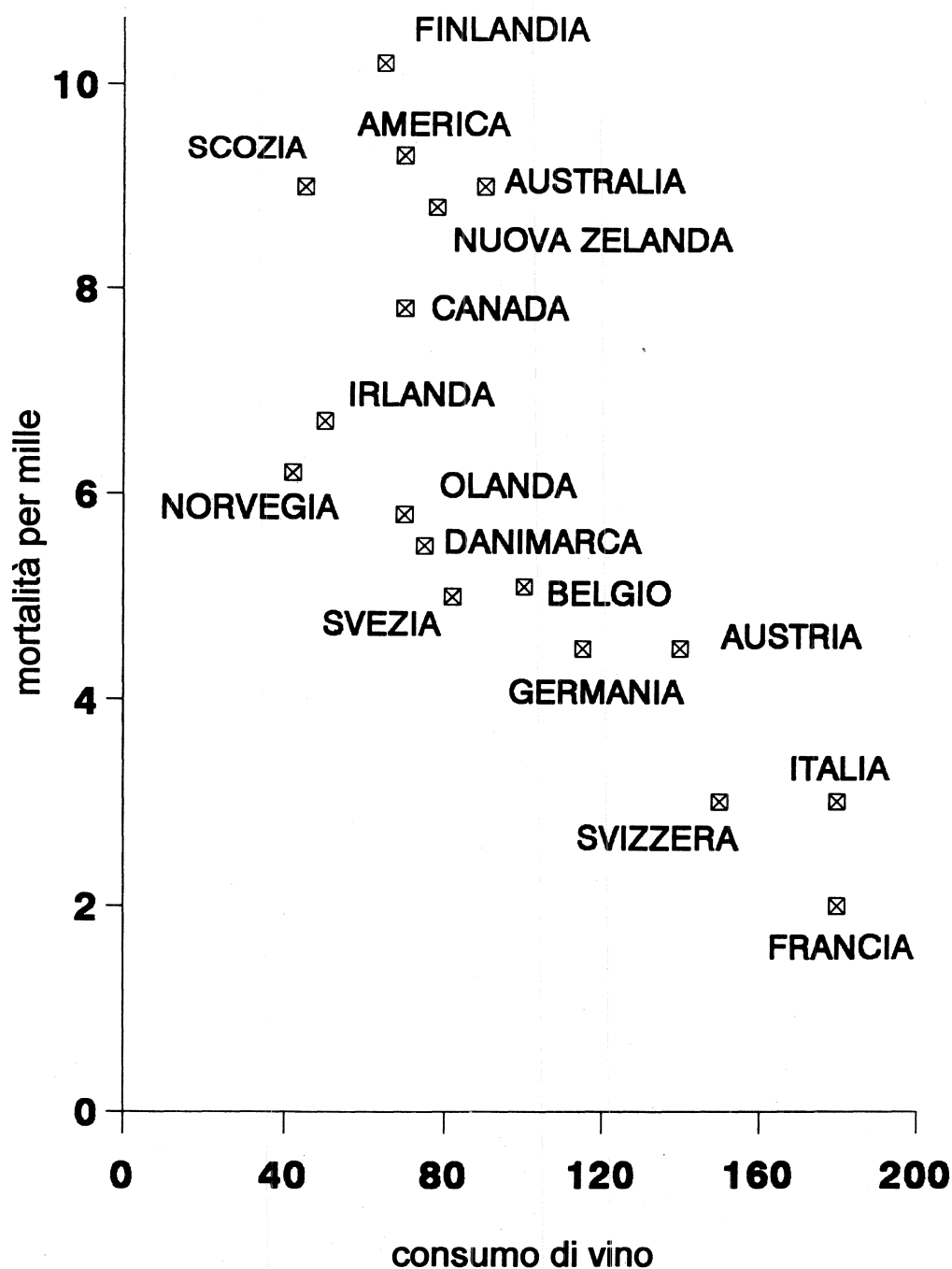


Fig. 2 - Relazione tra mortalità da malattie cardiovascolari in uomini di età 55-65 anni e consumo di vino (L./anno procapite).

pro-capite, il tabagismo, il comportamento alimentare etc. La sola correlazione indiscutibile che si trae da questa indagine concerne in senso negativo il tasso di morti per infarto ed il consumo abituale di vino. Così la Francia e l'Italia, i maggiori consumatori di vino, registrano mortalità da 3 a 5 volte più basse rispetto a quelle della Scozia e dell'Irlanda. Paesi come il Belgio e la Germania Federale, che non consumano che una parte del loro alcool sotto forma di vino, si collocano tra i due estremi. St. Léger stima dunque che il potere protettore del vino proviene da un costituente diverso dall'alcool. Se questa ipotesi è vera, l'Autore riconosce con umorismo che sarebbe un sacrilegio isolare questa sostanza poiché il rimedio esiste già in forma piacevole da consumarsi. Attribuire un tale potere al vino in un Paese consumatore di birra, comportò molte reazioni fra i lettori del *lancet*. Gli effetti descritti furono imputati non al vino ma al modo di vita rilassato dei Paesi latini ed anche alla abbondanza di cipolle e di aglio nella loro alimentazione. Tuttavia un'altra indagine condotta negli Stati Uniti un anno più tardi, doveva confermare pienamente le vedute di St. Léger. Tra il 1969 ed il 1978 il consumo di vino negli Stati Uniti è incrementato del 52% e la correlazione alla mortalità per infarto è diminuita del 22%. Avvalorano queste affermazioni i risultati pubblicati nel 1977 a Londra dal Consiglio delle Ricerche del Tabacco: ad un uguale consumo di tabacco il rischio di morte per infarto è, a seconda dei bevitori, 1,03 per la birra e di 1,00 per gli alcolici e di 0,87 per chi consuma il vino.

In conclusione di queste diverse indagini mediche si può dunque stimare con certezza che il vino ci protegge dalla aterosclerosi. Il meccanismo attraverso il quale le procianidine del vino esercitano i loro effetti positivi sulla circolazione sanguigna (azione catablica) e sulle pareti arteriose (azione parietale). Nel sangue le procianidine eccelerano l'epurazione del colesterolo, come descritto da Masquelier, nel 1961, facendo intervenire la vitamina C che avvia la trasformazione del colesterolo in acidi biliari. La vitamina C svolge totalmente la sua missione solo in presenza delle procianidine che agiscono come fattori di risparmio. Sulla parete arteriosa le procianidine esercitano una doppia azione sui tessuti: da una parte esse stabilizzano le fibre di collagene che servono da sostegno alle diverse tuniche del vaso. Questo rinforzo del collagene si spiega con la creazione di ponti tra le catene di polipeptidi. I tannini in particolare, sono una mescolanza di polifenoli derivati dal 3-flavanolo, quali le catechine e le epicatechine. Queste molecole per la reattività eccezionale dell'eterociclo, si associano in dimeri, oligomeri, e polimeri. In particolare i dimeri hanno una elevata proprietà di protezione vascolare quale è appunto quella della vitamina P. Dopo assunzione i dimeri

si localizzano nell'organismo umano in siti specifici quali le cartilagini, le pareti delle arterie, il peristio, le mucose digestive, tutti organi caratterizzanti per la loro ricchezza in polisaccaridi e collagene. Questi dimeri espletano la loro azione biologica come cofattori della vitamina C nella sintesi dei polisaccaridi e del collagene e per questo vengono chiamati vitamine C2.

Recenti studi condotti negli Stati Uniti attribuiscono ad un dimero, il resvestero, una azione particolarmente favorevole a questo proposito.

L'aumento del numero di 3-flavanolo dà origine a dei polimeri, detti tannini, condensati, che presentano un sapore astringente ed una elevata affinità per le proteine. Questi composti esplicano una spiccata attività antivirale. Poiché l'efficacia antivirale è proporzionale al grado di condensazione dei dimeri ed è parallela per affinità al collagene, si può ipotizzare che i virus perdono la loro infeziosità per l'inattività delle proteine del virus da parte del tannino. Un certo potere battericida va ascritto ad una antocianidina, il malvidolo, che nelle uve si trova sotto forma inattiva di glucoside, dalla quale l'aglicone si libera gradualmente per idrolisi nel corso della vinificazione e conservazione del vino. Anche alcuni acidi fenolici sono efficaci. I 3-flavanoli dell'uva hanno un ruolo importante sull'istidina-decarbossilasi, e quindi inibisce la formazione di istamina nei vini partendo dall'istidina. Questa sostanza, (soprattutto la feniletilamina, si ritiene responsabile dei dolori di testa (cerchio alla testa), che spesso erroneamente sono attribuiti ai prodotti solforosi dei vini e si forma nel corso dei processi di fermentazione, soprattutto malolattica.

Una produzione esagerata di istamina si può riscontrare nell'organismo come risposta ad uno stress. Si sa che ogni eccesso di istamina accresce la permeabilità della parete, facilita la sua infiltrazione ed avvia il processo ateromasico.

L'arteriosclerosi, è causata dal deposito di colesterolo su un'arteria lesa.

Le lipoproteine LDL, cioè a bassa densità, sono ritenute le maggiori responsabili delle lesioni alle pareti interne dell'arteria, con conseguente accumulo di colesterolo e grasso. È questo l'inizio della classica lesione arteriosclerotica che favorisce anche la formazione di trombi. In una ricerca condotta in America si è constatato su 7.000 casi che l'alcool inibisce la formazione di lipoproteine LDL, mentre favorisce la formazione di proteine HDL, cioè ad alta densità. Queste ultime effettuano il trasporto del colesterolo dalle pareti arteriose al fegato, dove il colesterolo è reso innocuo sotto forma di sale biliare. Per tale motivo l'alcool

è stato definito da eminenti studiosi «spazzolino delle arterie», anche se come si evidenzierà nel proseguo il maggior effetto antiarteriosclerotico è ricoperto dalle procianidine.

Anche dai risultati necroscopici è stato confermato che le arterie di moderati bevitori sono più pulite rispetto a quelle degli astemi (Tab. 2). Specialmente in soggetti anziani e negli individui obesi. L'alcool non solo previene l'arteriosclerosi, ma se la malattia è agli stadi iniziali esercita anche effetto curativo. I più recenti dati, derivati da varie autopsie, dimostrano che c'è un rapporto inverso tra consumo di alcool ed arteriosclerosi. L'effetto inibitorio sull'arteriosclerosi è stato ribadito anche recentemente analizzando l'importanza della dose giornaliera che solo se è moderata esplica gli effetti positivi, mentre se è eccessiva diviene dannosa. L'alcool esercita anche una certa azione solvente sul colesterolo, che può allontanarsi meglio. Infine l'azione favorevole dell'alcool si esplicherebbe nel ridurre le scariche di adrenalina che è responsabile del passaggio dei grassi dal tessuto sottocutaneo al sangue.

Tab. 2 - Rapporto tra infarto del miocardio e bevande alcoliche in 511 casi e 899 controlli secondo il tipo di bevanda consumata abitualmente (da PAOLETTI *et al.*, 1985)

	Astemio	Bevitore abituale				
		Liquori	Vino	Birra	Più di una bevanda	Imprecisato
Casi	117	138	48	40	123	13
Controlli	146	193	167	63	244	44
Stima del rischio relativo	1.0	0.9	0.4	0.8	0.6	0.4

Negli ultimi anni è apparso evidente che in Paesi il cui consumo di vino è in rapido aumento, quali gli Stati Uniti, esiste una forte correlazione inversa tra il consumo di vino pro-capite e la morte per infarto miocardico. Altre ricerche in questi ultimi anni sottolineano come un consumo moderato di etanolo provochi una diminuzione del rischio di infarto nel miocardio sia nell'uomo che nella donna, particolarmente quando l'etanolo è somministrato sotto forma di vino. Si può calcolare che la frequenza di malattia coronarica nei bevitori moderati è ridotta

del 30% ed è perciò assai interessante osservare come anche nel sesso femminile il consumo di vino provochi un simile effetto protettore.

Allo scopo di chiarire la correlazione tra consumo di bevande alcoliche ed arteriosclerosi sono stati condotti numerosi studi nel coniglio sottoposto a dieta aterogena. Sono stati somministrati etanolo, vino bianco, vino rosso, whisky, birra e glucosio in quantità equiparabili. Il vino rosso riduce significativamente le lesioni aortiche nel coniglio ipercolesterolemico, mentre al contrario la birra non ha prodotto nessun effetto.

È interessante osservare che sia l'etanolo da solo che le altre bevande alcoliche eccetto la birra, aumentano i livelli di lipoproteine ad alta densità nel coniglio sottoposto a dieta aterogena. Come è noto, esiste una correlazione inversa tra i livelli di HDL e l'incidenza della malattia coronarica in molte specie animali e nell'uomo. In numerosi studi epidemiologici è stata infatti dimostrata una aumentata incidenza di cardiopatia ischemica in soggetti plasmatici bassi di HDL.

Sulla base di queste osservazioni si è ipotizzato che l'effetto antiarteriosclerotico dell'etanolo e del vino possono essere mediati dall'effetto a livello delle HDL plasmatiche. L'attenzione perciò di numerosi ricercatori si è focalizzata sullo studio degli effetti dell'etanolo e del vino non solo sui livelli di colesterolo totale, ma in particolare sui livelli delle HDL plasmatiche e sul colesterolo legato alle HDL.

Consumi moderati di alcool si accompagnerebbero, sul versante umorale, ad un aumento della HDL₃ ma non delle HDL₂, a cui, farebbero riscontro, sul piano clinico, una più bassa prevalenza della malattia coronarica. L'abuso di alcool, in assenza di danno epatico grave, farebbe aumentare il contenuto di HDL del sangue, soprattutto di HDL₂, senza peraltro nessun apprezzabile effetto protettivo nei confronti del rischio coronarico, mentre l'abuso di alcool, in presenza di danno epatico grave, si accompagnerebbe a diminuzione delle HDL e ad aumento della frequenza della malattia coronarica.

Quanto sopra non ci autorizza a considerare il vino come un rimedio per l'infarto. È però indispensabile informare i consumatori sulle proprietà dell'alcool e delle procianidine. A dosi moderate si ritiene che l'alcool faciliti la depurazione del colesterolo, mentre i suoi effetti tranquillizzanti attenuano i pericoli dello stress e dell'istamina.

Molto recenti sono le acquisizioni scientifiche relative all'azione positiva svolta dagli oligomeri procianidolici nella captazione dei radicali liberi. Queste particolari strutture chimiche che si formano nei processi di ossido-riduzione cellulare e che svolgono anche un ruolo positivo di epurazione di alcune molecole, (quali alcoli, steroli, antibiotici), possono essere prodotte in quantità eccessiva e provocare un invecchiamento

Tab. 3 - Livelli di Procianidine (mg/Kg) nell'uva di diversi vitigni
(BOURZEIX *et al.*, 1986)

Aramon	182	Grenache	125
Syrah	176	Cinsaut	116
Mourvedre	169	Carignan	73

Ripartizione delle epicatechine e catechine nel grappolo d'uva

27%	rachidi
56%	semi
17%	bucce
0%	polpa

Tab. 4 - Contenuto di Procianidoli - (Catechine) in alcuni vini del commercio (mg/l)
(BORZEIX *et al.*, 1986)

Beaujolais (1985)	360
Coteaux du languedoc (1985)	454
Bordeaux (1985)	602

Ruolo della tecnica di vinificazione sul contenuto di catechine e procianidoli
(vitigno = Carignan)

	Estrazione %	% Catechine	% Epicatechine
Vinificazione tradizionale	41	71	29
Vinificazione a caldo	24	64	36
Macerazione carbonica	30	73	27

cellulare precoce. Vi sono fortunatamente nell'organismo dei sistemi di controllo endogeno che evitano l'accumulo dell'acqua ossigenata e la formazione del radicale idrossile. Talvolta però, il sistema regolatore rallenta la sua azione disintossicante (radiazioni elettromagnetiche, corpuscolari, iperossigenazione, ipoossigenazione, stati infiammatori, alcolismo) ed i radicali liberi attaccano le strutture cellulari, (in particolare

le membrane) ed il tessuto connettivo e quindi l'elasticità dei vasi viene compromessa con conseguenze sulla lesione ateromatosa. Fortunatamente vi sono dei captatori esogeni dei radicali liberi, che derivano dalla nostra alimentazione.

In particolare questi sono le varie vitamine (E e C), gli amminoacidi solforati (cisteina e metionina), i polifenoli vegetali, metalli in tracce (es. selenio), il vino, (oligomeri procianidolici). Il contenuto medio di oligomeri procianidolici nel vino (rosso solamente) è di 540 mg/l, con valori estremi da 215 a 1.080 mg/l (BOURZEIX, 1987).

Considerando un valore medio di 500 mg/l se ne deduce che un vino rosso bevuto con moderazione (mezzo litro/die) copre il nostro fabbisogno in OPC (Oligomeri procianidolici), la cui posologia usuale in terapia vascolare è di 100-200 mg nelle 24 ore. I contenuti di OPC di un vino, sono modificabili dalla scelta varietale e dalle tecniche enologiche (tabb. 3 e 4). Questo del ruolo della viticoltura e dell'enologia sulle proprietà farmacologiche di un vino è un tema di estrema importanza, in quanto spesso le forzature in viticoltura e gli interventi in enologia, modificano a tal punto la composizione fine del vino da fargli perdere le sue prerogative di bevanda naturale e quindi qualsiasi valore alimentare.

LE DOSI CONSIGLIATE

Lieber (1984) uno dei massimi alcoologi del mondo, afferma che condizioni ordinarie e per individui sani non esiste una «ragione convincente per mutare le condizioni di vita ed eliminare un'abitudine piacevole e forse anche giovevole».

A questo proposito è opportuno ricordare che l'alcool etilico può essere metabolizzato dall'organismo in ragione di 100 mg per ora e per chilogrammo di peso corporeo. Ne deriva che la dose massima di alcool tollerabile per un adulto sano di settanta chili si aggira mediamente attorno ai sette grammi per ora corrispondenti a 170 grammi al giorno. Questa dose è però soltanto teorica e molto lontana da quella consigliata che è di circa 50-60 mg di alcool assoluto al giorno (corrispondenti a circa 40-50 grammi).

Questa dose deve essere inoltre ripartita in più volte ed ingerita preferibilmente a stomaco pieno.

Secondo il Lieber (l.c.) la dose consigliata dovrebbe essere ancora più ridotta nella donna e non oltrepassare i 20 grammi al giorno.

A partire da queste dosi infatti si osserva un aumento significativo della cirrosi epatica ed in Giappone del cancro del retto e del polmone.

Determinante è inoltre la tolleranza individuale che è legata a fattori genetici familiari e razziali.

Inoltre la soglia di tolleranza può variare nel tempo per il fenomeno dell'assuefazione.

Un ruolo rilevante ricoprono inoltre sull'azione dell'alcol e i danni che possono derivare nell'organismo, le modalità di assunzione e le occasioni di consumo. Gli effetti dell'alcool sono infatti molto diversi a seconda se si consuma alcolici a digiuno, che si consumi alcool invece durante i pasti, che la qualità tollerata sia suddivisa in più dosi o consumata in una sola volta, che l'alcool consumato sia a gradazione relativamente modesta come il vino e la birra o che sia invece un superalcolico.

Ancora diverso è l'impatto dell'alcool sull'organismo a seconda che questo non sia quotidiano e moderato ma concentrato in una o due occasioni alla settimana ed a dosi più rilevanti.

Da osservazioni condotte in molti Paesi appare che il vino bevuto abitualmente durante i pasti provochi un numero di alcolizzati cronici notevolmente inferiore a dove invece il consumo è sporadico.

Comunque l'uso abituale di alcool, in quantità moderate di bevande alcoliche, ed in particolare di vino, svolge una serie di azioni positive sull'alimentazione quotidiana dell'uomo, al punto che si sente affermare che per mantenersi in buona salute è meglio bere poco vino tutti i giorni che non berne affatto.

In conclusione appare importante insistere sulla necessità di insegnare e di imparare a bere correttamente il vino, tenendo sempre presente quanto affermava Paracelso (1493-1541) «...dosis sola facit venenum».

BIBLIOGRAFIA

- BOURZEIX M., WEYLAND D. & HEREDIA N., 1986 - *Etude des catéchines et des procyanidols de la grappe de raisins, du vin et d'autres dérivés de la vigne*. Bull. OIV, 59, 669-670, 1172-1254.
- LIEBER C. S., 1984 - To drink (moderately) or not to drink? New Engl. J. Med. 310, 846-848.
- MASQUELIER I., 1979 - *Vin et Santé*. Bull. OIV, 586, 1024-1035.
- MOSQUELIER I., 1982 - *Vin et athérosclérose Action protectrice des procyanidines*, C.R. Symp. Int. «L'alimentazione ed il consumo di vino», Verona, 147-155.
- MASQUELIER I., 1985 - *Les constituants du vin responsables de son activité biologique*. Atti convegno «Vino: produzione, consumo, salute», Locorotondo 6-8 giugno, 67-72.
- PAOLETTI R., GALLI C. L. & TREURALI E., 1985 - *Il vino come alimento e come farmaco*. Atti 2° Symp. «Vino bevanda ed alimento dell'uomo moderno», Chiriotti ed., Pinerolo 43-45.
- PARROTTA G. B., 1990 - *Il vino e l'automobile: nemici per la pelle?*, Conferenza Int. del traffico e della circolazione, Stresa, 4 ottobre.
- SICHERI G., 1985 - *Vino è salute*, Saviolo ed., Vercelli, 123.
- ST. LEGER A. S., CHOCHRANE A. L. & MOORE F., 1979 - *Factor associated with cardiac mortality in developed countries with particular reference to the consumption of wine*, Lancet, 1017-1020.

RIASSUNTO - Il vino: bevanda per l'uomo moderno.

L'abitudine al consumo di vino in Italia è in forte decremento negli ultimi 15 anni anche dovuta al binomio creato involontariamente dalla classe medica di vino = alcool etilico. Pur non nascondendo il ruolo anche negativo giocato dall'alcool etilico per ciò che concerne la salute pubblica, non vanno dimenticati i notevoli vantaggi che il vino, tramite i suoi componenti minori apporta proprio alla salute del consumatore. I componenti minori del vino, infatti, quali la Tiamina, la Vitamina B1 ed i polifenoli esercitano notevoli attività antivirali e battericide, attività vitaminica, attività nei confronti del metabolismo del colesterolo, agendo inoltre come disattivatori dei radicali liberi. Un ruolo farmacologico importante, quindi, che va sottolineato e che richiede solo che il consumo del vino sia moderato e dosato a seconda della capacità dell'utente ad assorbirlo in maniera idonea.

ABSTRACT - The Wine: a Drink for the Modern Man

Wine consumption in Italy decreased in the last 15 years; in some cases this has been due to the wrong association of wine with its alcoholic content considering, therefore, only the negative and not the positive effects for the health of the many other components. Pharmacological activities of some minor constituents (e.g.: Thiamine and Polyphenols) are very known. They are active against viruses and bacteria, are able to influence the cholesterol metabolism, they could, also, deactivate the free radicals. Wine, therefore, must be considered as a pharmaceutical natural product to be used in well regulated way.

CLAUDIO SALVADORI

PREVENZIONE SANITARIA IN LATTE E SUCCHI DI FRUTTA

INTRODUZIONE

Uno dei problemi fondamentali dell'industria alimentare nei rapporti con i propri consumatori è la comunicazione in termini di qualità dei prodotti.

Spesso si ha l'impressione che di fronte allo stesso problema vi siano due diverse sintonizzazioni: una da parte dell'industria che si ispira ad una informazione scientifica, non sempre comunque completa ed esauriente e dall'altra il consumatore, sensibile ad un altro sistema informativo quello dei «mass media» le cui informazioni vengono poi dilatate da una comunicazione orale vicendevole.

Nessuno dei due sistemi offre sufficienti garanzie di oggettivazione della verità.

L'approccio scientifico spesso non vede i problemi nella loro globalità a causa di una scarsa capacità a mettere in campo e a far lavorare in sintonia specialisti di diverse discipline (chimica-fisica-microbiologia-tossicologia-nutrizione ecc.).

Un altro limite è la presenza di forze economiche che esercitano determinate influenze e quindi contribuiscono a mettere in risalto determinanti aspetti dei diversi problemi a danno di altri.

L'approccio giornalistico presenta anch'esso gravissimi rischi: la ricerca esasperata del titolo sensazionale, l'inevitabile serie di errori legata al trasferimento giornalistico di dati intrinsecamente scientifici, l'influenza anche in questo caso di gruppi economici portatori di particolari interessi, rendono il sistema informativo spesso inaffidabile.

A dimostrazione di quanto detto esiste uno studio del 1989 che mette in risalto con una tabella che ha ormai fatto il giro di tutte le riviste specializzate, le differenze fra la graduatoria dei rischi alimentari percepiti dal consumatore e quelli al contrario basati su un'analisi scientifica.

Graduatoria dei rischi reali e dei rischi percepiti

Rischi reali	Rischi percepiti
1) Microrganismi	1) Residui di pesticidi
2) Nutrizionali	2) Additivi
3) Contaminanti ambientali	3) Contaminanti ambientali
4) Sostanze tossiche naturali	4) Nutrizionali
5) Residui di pesticidi	5) Microrganismi
6) Additivi	6) Sostanze tossiche naturali

Chitwood (1989).

Per questo motivo noi abbiamo ritenuto utile proporre una descrizione igienico-sanitaria nel latte e nei succhi di frutta basata su dati scientifici riscontrabili nella bibliografia specializzata. Ciò dovrebbe consentire di riassumere dati obiettivi della situazione di rischio legata all'alimentazione, con la speranza di contribuire od attenuare l'emotività con cui questo problema viene normalmente vissuto dal consumatore.

IL RISCHIO ALIMENTARE

Microbiologico

È un rischio reale. In uno studio del (1988) fatto in 620 industrie lattiero-casearie negli Stati Uniti si sono avuti i seguenti casi di inquinamento microbiologico:

Casi di inquinamento microbiologico in 620 industrie lattiero-casearie (USA 1988)

Organismo	N° industrie	%
Listeria monocytogenes	19	3,1%
Batteri in genere	47	7,6%
Yersinia SSP	21	3,4%
Altri	7	1,1%

Vasavada P. C. (1988).

Un'altra indagine relativa all'anno 1988 sempre negli U.S.A. ha dato i risultati riassunti in tabella.

Numero annuo di casi di malattie alimentari in U.S.A.

Agente eziologico	Numero di casi/anno	Mortalità %	Stima % dei casi di orig. alim.	Stima assoluta casi - morti (orig. alim.)	
<i>Salmonella spp.</i>	2.000.000	0,1	100	2.000.000	2.000
<i>Staphil. aureus</i>	8.900.000	0,08	71,1	1.422.000	1.138
<i>Campylobact. spp.</i>	2.100.000	0,1	50	1.050.000	1.050
<i>Shigella spp.</i>	300.000	0,2	25	75.000	150
<i>Epatite A</i>	48.000	0,3	50	24.000	72
<i>Escherichia coli</i>	200.000	0,2	10	20.000	40
<i>Trichinella spir.</i>	100.000	1,0	10	10.000	100
(forme acute)					
<i>Salmonella typhi</i>	600	6,0	100	600	36
<i>Clostridium botul.</i>	200	4,0	100	200	8
<i>Listeria m.</i>	1600	30,0	?	?	?

Laurita R. (1988).

Riteniamo inoltre che uno dei rischi microbiologici ancora da esplorare sia quello della presenza di *virus* negli alimenti.

Molti virus sono resistenti alle temperature di pastorizzazione e inoltre l'infezione in questo caso, contrariamente a quanto accade per i batteri, viene indotta da poche decine di unità infettanti.

Questi due fattori suggeriscono un attento studio del problema dal momento che oggi mancano assolutamente statistiche attendibili a causa delle difficoltà analitiche che si incontrano nella rivelazione dei virus su matrice alimentare.

Un ulteriore rischio collegato con la proliferazione microbica è quello dovuto alla presenza di aflatossine prodotte da infestazione fungina.

Sono state scoperte almeno 200 molecole diverse ad attività tossica sull'uomo prodotte da muffe.

Noi rivolgiamo una particolare attenzione alla aflatossina M₁ (unica presente nel latte come catabolita della B₁ presente nei mangimi).

Il quadro della situazione internazionale è rappresentato nelle tabelle:

Aflatossina M₁ nel latte alimentare

Cancerogenicità	Limite italiano	Limite USA / FDA	Limite Svezia Svizzera	Val. max trovato ppt
+	assente	500 ppt	50 ppt	9,0
-				

Dati confronto relativi a residuo di aflatossina M₁ nel latte alimentare

Provenienza	N° camp.	< 10 ppt	10-15 ppt	50-100 ppt	100-200 ppt
Tedesco	225	100	—	—	—
Francese	77	98,9	1,1	—	—
Lombardo	276	88,8	8,7	1,8	0,7
Ns/raccolta	85	100	—	—	—

Per quanto riguarda le altre centinaia di aflatossine si è alla ricerca di un indice indiretto di contaminazione.

Nella frutta questo indice è stato dalla nostra unità di ricerca, riconosciuta essere la D-alanina.

La presenza di questa molecola infatti, indicando un avanzato processo di alterazione del vegetale prima dei trattamenti termici, risulta essere un indice di allarme per la contaminazione da micotossine.

Presenza di D-alanina in succhi commerciali

Succhi	Alanina (D/D + L) %
Mela	< 0,1
Arancia-1	< 0,1
Arancia-2	< 0,1
Ananas-1	< 0,1
Ananas-2	< 0,1
Ananas-3	38,0
Pompelmo-1	28,1
Pompelmo-2	6,3
Pompelmo-3	26,9
Pompelmo-4	< 0,1

Materia prima contenente D-alanina non viene accettata per le produzioni di marchio Santàl.

Misure di prevenzione

Per prevenire questo rischio microbiologico, che sottolineiamo essere il più grave oggi per la sicurezza degli alimenti, noi abbiamo applicato i sistemi HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point).

Si tratta dei sistemi di prevenzione instaurati in occasione del progetto Apollo per garantire sulle navicelle spaziali l'assenza di infezioni derivanti da alimenti.

Il sistema si sviluppa specificamente per ogni prodotto - processo secondo i punti:

- individuazione dei rischi;
- individuazione dei punti critici di controllo;
- definizione delle misure da prendere;
- effettuazione dei controlli;
- effettuazione delle misure correttive.

Inoltre come suggello di massima sicurezza per tutti i prodotti, anche quelli non sterili vengono applicati criteri, impianti, e metodologie specifiche del *confezionamento asettico* con procedure simili a quella dell'industria farmaceutica.

RISCHIO NUTRIZIONALE

Non ci soffermiamo sulla descrizione di questo tipo di rischio dal momento che sono tutti noti i problemi legati all'assunzione di colesterolo, grassi animali così come i benefici apportati dall'assunzione di fibre, vitamine e alcuni ioni metallici (Mg e Se). Può essere interessante l'illustrazione di come l'industria di trasformazione si organizzi per ottimizzare il contenuto intrinseco reale degli alimenti.

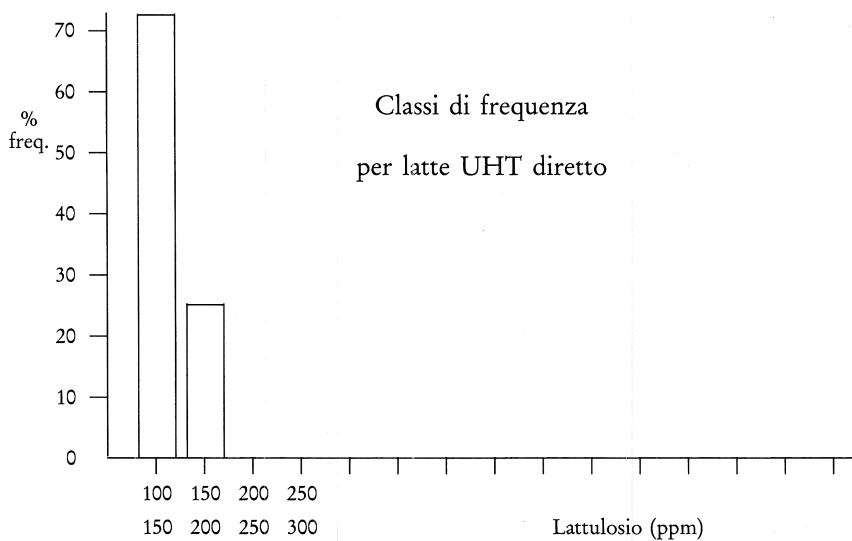
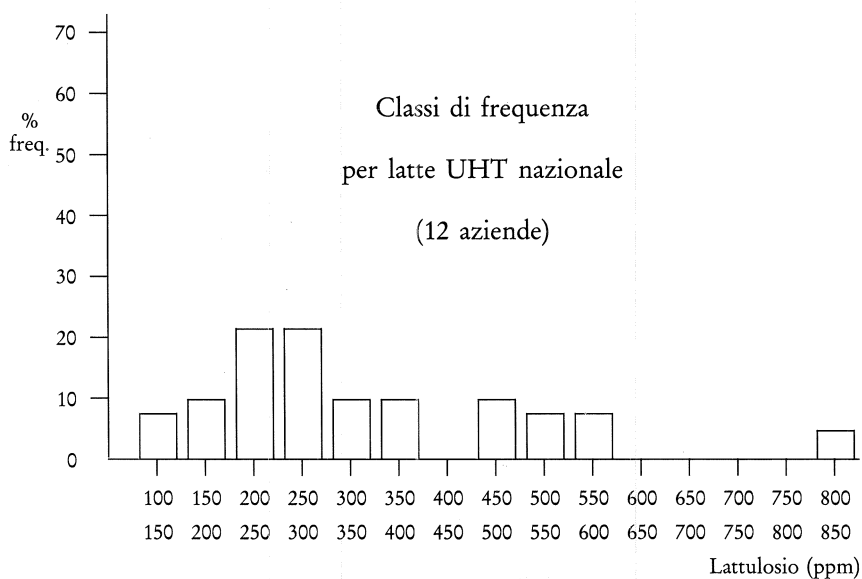
L'attività preventiva dei nostri ricercatori si sviluppa in particolare su due fronti: la ricetta e lo studio degli effetti delle tecnologie sul quadro nutrizionale degli alimenti.

Per il latte alimentare (UHT), ad esempio, viene utilizzato il parametro lattulosio.

Si tratta di un isomero del lattosio che si forma in ragione proporzionale all'entità del trattamento termico.

Il risultato qualitativo che emerge dalle tabelle è stato ottenuto at-

QUADRO DELLA DETERMINAZIONE DI LATTULOSIO IN LATTE NAZIONALE



traverso uno sforzo congiunto laboratorio di analisi-funzione tecnologica.

Infatti è stato possibile non solo operare una scelta ottimale sulla tipologia degli impianti di trattamento ma anche di ottimizzare su questi i parametri di processo, con conseguente miglioramento anche degli aspetti organolettici.

CONTAMINANTI AMBIENTALI

Il rischio maggiore è dato dalla presenza di metalli pesanti (Pb-Cd-Cr-As-Hg).

Zone di raccolta vicine a strade di grande traffico o a centri industriali inquinanti (ceramiche, raffinerie, galvanotecnica, etc.) possono indurre nei prodotti la presenza di tali elementi tossici.

La presenza di Pb è un problema importante per il fatto che tale contaminazione è estremamente diversificata tra le diverse zone di raccolta del latte variando grandemente con le condizioni di traffico e con la tipologia di impianti industriali esistenti nelle stesse zone.

Nella tabella sono riassunti i dati ottenuti in una ricerca del 1976 dall'Istituto di Industrie agrarie di Bologna.

Contenuto in Pb in latte italiano (1976)
Piombo (ppb)

	Estate	Inverno	Valori accettati
Zona aperta campagna	50	22	
Zona industrie ceramiche	65	27	20-40
Zona autostrade	97	31	

M. Biancani (1976).

Il latte è comunque uno degli alimenti più sicuri poiché la vacca è un filtro biologico potentissimo: solo lo 0,017% del Pb ingerito passa nel latte mentre il 94% viene eliminato con le feci.

Il nostro programma di prevenzione si basa dunque sulla eliminazione di conferenti che risiedono in zone a «rischio».

Abbiamo anche stipulato una convenzione con l'Università di Parma, Cattedra di Chimica analitica, per il controllo periodico e geografico del latte raccolto.

I risultati in nostro possesso, non suscitano alcuna preoccupazione.

RESIDUI DI PESTICIDI

Il caso più noto di contaminazione da pesticidi è quello degli organoclorurati, presenti nella parte grassa del latte (DDT, lindano, aldrin, etc.).

Anche se il loro uso è vietato da oltre venti anni la loro ricerca riveste un certo interesse perché si tratta di molecole estremamente persistenti e volatili, reresi quindi ubiquitarie.

La loro presenza può derivare anche dalla utilizzazione di derrate o mangini provenienti da paesi in cui l'uso è ancora consentito.

Visti i sistemi di contaminazione (è stato trovato DDT nei ghiacci dell'Antartide così come Atrazina nelle acque piovane dell'Alto Adige), nessun prodotto può essere oggi esente da residui anche se proviene dalle cosiddette «colture biologiche».

A giudizio degli esperti il problema dei pesticidi costituisce uno dei rischi di minor peso negli alimenti.

Confronto fra assunzioni/die stimate e livelli di assunzione accettabili (A.D.I.) della FAO/WHO
($\mu\text{g}/\text{persona} \times \text{giorno}$)

	Assunzioni quotidiane procapite calcolate	A.D.I. (FAO/WHO)
Aldrin	0,164	7
DDT e isomeri	0,129	350
Endrin	0,013	7
Lindano	0,211	875

Del Re A. (1990).

Nel latte la situazione è ancora più sicura poiché il metabolismo della vaccina impedisce l'accumulo dei pesticidi organofosforati e minimizza quello degli organoclorurati.

La tabella che segue riassume i valori relativi ai controlli che vengono eseguiti dai nostri laboratori in confronto con alcuni dati di riferimento.

**Livello del residuo di pesticidi organoclorurati
dati di confronto storici**

	1981-1986			(n = 207)
Molecola	<0,35	0,35 - 3,5	3,5 - 35	
$\alpha + \beta$ HCH	0	42,5	6,8	
ECB	6,3	39,1	7,7	
Lindano	8,7	47,3	1	
EPT + EPT/EPX	5,3	7,7	1,4	
DDT + Metab.	5,8	54,1	39,6	
	1990-1991			(n = 54)
Molecola	<0,35	0,35 - 3,5	3,5 - 35	
$\alpha + \beta$ HCH	22,2	0	0	
ECB	29,6	27,7	0	
Lindano	16,6	7,4	0	
EPT + EPT/EPX	35,1	3,7	0	
DDT + Metab.	35,2	53,7	1,8	

Misure di prevenzione

Vengono sottoposte a controllo analitico tutte le zone di raccolta.

Abbiamo potuto verificare che la situazione europea è assolutamente sotto controllo, non desta allarme ed è in continua diminuzione il livello di pesticidi nel latte alimentare.

Il controllo eseguito negli ultimi due anni ci ha consentito di individuare solo due casi in cui i valori, pur sempre entro ampi limiti di sicurezza, si erano moderatamente elevati.

Queste zone non sono state scelte per le nostre raccolte.

CONCLUSIONI

Gli alimenti oggi sono minacciati da una serie di fattori che derivano da condizioni ambientali, da tecnologie di lavorazione improprie e dalle metodologie di coltivazione-allevamento.

Il rischio più grave che può minacciare il consumatore rimane comunque sempre quello microbiologico e per questo le punte massime di pericolo sono legate agli alimenti di preparazione domestica (conser-

ve e semiconserve) e a quelli di produzione «artigianale» specialmente legati alla linea del «fresco».

È importante anche sottolineare che non sempre ciò che viene definito «naturale» o «biologico» presenta reali caratteristiche di sicurezza rispetto a quanto viene sottoposto alle più moderne tecnologie.

La natura stessa è un formidabile produttore di tossine che vengono spontaneamente prodotte per la salvaguardia della specie.

Ad esempio il marciume della frutta, inevitabile in prodotti non sottoposti a tecnologie di conservazione, provoca la formazione di importanti quantità di tossine.

Alcuni dati sulla presenza di Patulina nei succhi di mele

Paese	N° campioni esaminati	Incidenza %
Canada	92	55
Finlandia	71	21
Francia	27	100
Germania democratica	416	67
Germania federale	171	28
Italia	58	21
Italia	19	5
Nuova Zelanda	20	3
Spagna	104	52
Svezia	115	60
Svizzera	42	45
U.K.	58	21
U.S.A.	289	31

Piva G. (1989).

Il problema dunque può essere risolto solo con un approccio culturale.

Solo lo studio e la conoscenza scientifica delle problematiche consente una loro soluzione ottimale, ancorché non perfetta.

La grande industria alimentare specialmente quella italiana, è molto attenta ai problemi sanitari evidentemente, perché l'essere presente in un commercio allargato quale quello europeo non ammette né errori né sotterfugi.

L'industria di trasformazione è essa stessa contemporaneamente fornitore e cliente inserendosi nella filiera produttiva fra il mondo agricolo e quello del consumo.

I pericoli del consumatore vengono vissuti dapprima dall'azienda

che, se organizzata e consapevole dell'importanza anche sanitaria e sociale della propria funzione costituisce un filtro efficace contro tutti i rischi di mancanza di genuinità, nutrizionalità e sicurezza.

BIBLIOGRAFIA

- BIANCANI M., LOSI G., LERICI GR. & RASTELLI R., 1976 - *Il piombo nel latte prodotto in diverse zone del comprensorio del formaggio «Parmigiano Reggiano»*. Scienza e Tecn. Latt. Cas. 27, (4) 313.
- CHITWOOD H., 1988 - *Chicken in the States*. Poultry Industry Conference - Black Pool, November 1988.
- DEL RE A. A. M. - *Residui nelle derrate agricole e negli alimenti*. Convegno «Contaminazione: punti caldi oggi» - Parma, 29/3/1990. Comunicazione personale.
- GANDOLFI I., PALLA G., MARCHELLI R., DOSSENA A., PUELLI S. & SALVADORI C. - *D. alanine in fruit juices: a molecular marker of bacterial activity, heat treatments and shelf life*. Accettato per la pubblicazione, J. of Food Science.
- LAURITA R. - *Numero annuo di casi di malattie alimentari in U.S.A.* - Giornata A.I.C.Q. «L'industria alimentare di fronte al problema listeria monocytogenes», Piacenza 20 aprile 1989.
- PIVA G. - *Presenza di sostanze tossiche naturali ed artificiali negli alimenti*. Convegno «Contaminazione e punti caldi oggi» - Parma, 29/30/1990, Comunicazione personale.
- VASAVADA P. C., 1988 - *Casi di inquinamento microbiologico in 620 industrie lattiero-casearie USA 1988*. J. Dairy Sci., 71, 2809-2816.

RIASSUNTO - Prevenzione sanitaria in latte e succhi di frutta.

Il rischio connesso con il consumo del latte e dei succhi di frutta è spesso un fattore non correttamente interpretato dagli utenti: vi è, infatti, una disparità tra rischi reali e rischi percepiti. Indubbiamente prodotti alimentari naturali come il latte ed i succhi di frutta incontrano, nel loro cammino di preparazione, molti composti inquinanti emessi nell'ambiente dalle attività dell'uomo (metalli pesanti, pesticidi ecc.). Peraltro, il rischio più grave che può minacciare il consumatore rimane sempre quello microbiologico e per questo le punte massime di rischio sono legate agli alimenti di preparazione domestica (conservate e semiconservate) ed a quelli di produzione artigianale, specialmente legati alla linea del fresco. La grande industria alimentare è molto attenta ai problemi sanitari ed i pericoli per il consumatore vengono vissuti dapprima dall'azienda che, se organizzata e consapevole dell'importanza anche sanitaria e sociale della propria funzione, rappresenta un filtro efficace contro tutti i rischi di mancanza di genuinità, nutrizionalità e sicurezza.

ABSTRACT - Quality Control and Criteria in the Milk and Fruit Juices Industry.

The presence in the environment of a lot of different pollutants which can reach some natural food like milk and fruits, created the problem of the quality control in the industry manufacturing them for producing different milk and fruit derived products. The large industry is, normally, much more careful than the small one with the hygiene of the processing, packing, warehousing and distribution to guarantee the consumer from food products in bad or altered conditions.

BRUNO RINDONE

ALCUNI ASPETTI DEL PROBLEMA CONTAMINANTI DEGLI ALIMENTI

Un prodotto alimentare, qualunque esso sia, deve rispondere ad un requisito essenziale: *non deve nuocere alla salute del consumatore*.

Molte sono le cause che possono determinare pericolosità sotto il profilo igienico-sanitario e più precisamente «*Rischio alimentare*».

Rischio alimentare è sinonimo, per molti versi, di «*Contaminazione degli alimenti*».

La contaminazione può essere volontaria, oppure involontaria, prevedibile o imprevedibile.

Una contaminazione prevedibile vuole la messa in opera di tutti i mezzi atti ad evitarla, in caso contrario può diventare «volontaria» con tutte le implicazioni che possono derivare.

Occorre quindi procedere in modo sistematico all'individuazione delle possibili cause di contaminazione di un alimento, considerando a questo scopo l'intera filiera produttiva, la distribuzione e la preparazione per il consumo dell'alimento da parte del consumatore.

Poiché in questa relazione non è possibile prendere in considerazione l'intero problema dei contaminanti, mi soffermerò su alcuni aspetti di contaminazione da macro e microorganismi nell'ambiente dello stabilimento di produzione.

Il deterioramento dei cibi, correlato per la prima volta da Pasteur ai batteri e l'invasione da parte di microorganismi infestanti le derrate alimentari, provoca oltre al danno economico anche perdita di disponibilità di alimenti ed in alcune zone ciò determina anche effetti di malnutrizione. Prendendo in considerazione il problema della contaminazione da macroorganismi ci si rende conto che anche quando si è con-

vinti di produrre nel modo migliore, si incontrano, seppure saltuariamente, problemi connessi ad infestanti.

La risoluzione di questi problemi è tanto più efficace quanto più tempestive sono le misure di controllo e questo è permesso dall'individuazione della loro insorgenza in una fase precoce.

In quest'ottica si inquadra l'importanza del monitoraggio, inteso come controllo continuo del mantenimento delle migliori condizioni per la buona produzione e individuazione di eventuali situazioni di rischio.

Quando si parla di infestanti si deve fare innanzitutto una prima distinzione fra infestanti occasionali e infestanti specifici.

I primi possono essere considerati dei visitatori, non colonizzano gli alimenti, ma possono insediarsi nelle aree interne degli stabilimenti creando dei problemi.

Gli infestanti specifici, invece rappresentano il fattore rischio più elevato, in quanto sono in grado di riprodursi e moltiplicarsi restando intimamente legati agli alimenti in fase di conservazione e trasformazione, inquinandoli in modo rilevante.

Come spesso succede però, quando si studiano fenomeni biologici, la netta distinzione fra le due categorie non è possibile.

Esistono sostanzialmente due modi secondo cui può avvenire l'invasione da parte degli organismi infestanti:

- diretta: dall'ambiente di produzione all'alimento;
- indiretta: veicolata da materie prime, materiali di confezionamento o altro in arrivo allo stabilimento con contaminazione degli ambienti e di conseguenza dei prodotti alimentari in lavorazione.

Il modo più corretto per affrontare il problema della contaminazione biotica è quello di tenere sotto stretto controllo le materie prime, i magazzini e gli ambienti di lavorazione per verificarne lo stato di infestazione.

Gli ambienti di produzione e conservazione dei prodotti alimentari devono rispondere a precise norme di prevenzione che devono essere tenute ben presenti già in fase di progettazione degli stabilimenti e che constano in opere strutturali quali, ad esempio, l'isolamento del fabbricato dall'esterno, creando un'adeguata area di rispetto nei confronti del manto erboso circostante, progettazione delle aperture con porte a bussola, o doppie porte a chiusura automatica che non permettono l'ingresso, anche casuale, di ospiti.

Le finestre dovranno essere protette da reti in maglia metallica di adeguata luce netta.

I pavimenti, le pareti e i soffitti dovranno essere mantenuti sempre in buono stato per evitare che negli anfratti e nelle crepe dei muri gli insetti possono trovare un habitat favorevole, mentre dovranno essere facilmente pulibili.

Le tubazioni e le canaline che ospitano i cavi elettrici dovranno essere tenuti ben puliti perché si prestano molto bene come camminamenti per le varie specie infestanti.

Gli impianti di produzione, specialmente nelle parti alte dove difficilmente è possibile eseguire una pulitura costante, dovranno essere periodicamente ispezionati così come le cabine elettriche e i pannelli elettrici delle macchine che possono creare delle sacche difficilmente individuabili e permettere proliferazione indisturbata degli infestanti.

Gli ambienti di produzione devono essere costantemente puliti, specie nei punti dove più facilmente si può avere accumulo di residui alimentari.

I prodotti in lavorazione devono essere protetti dall'ambiente con adeguate coperture e i residui di lavorazione asportati dai reparti così come gli imballaggi delle materie prime utilizzate.

I macchinari in disuso devono essere eliminati dai reparti di produzione perché possibile, anzi probabile causa di sacche di infestazione.

Le materie prime in arrivo nello stabilimento devono essere accuratamente ispezionate avendo cura di verificare anche gli imballi, specie nei punti nascosti (es. cuciture dei sacchi) dove possono maggiormente annidarsi larve di insetti.

È indispensabile effettuare controlli a campione su tutti i prodotti introdotti con adeguati metodi d'analisi (filth test e altri).

È comunque necessario eseguire anche altri controlli seguendo tecniche diverse nei magazzini e nei reparti di produzione per avere un'idea il più possibile precisa del grado di colonizzazione degli infestanti nello stabilimento.

Un esempio d'impostazione di monitoraggio degli infestanti adottata presso la nostra Società è la seguente:

- ispezioni periodiche di tutto lo stabilimento, comprese le aree esterne, con compilazione di una relazione dettagliata dello stato igienico generale ed individuazione di eventuali situazioni anomale che possono comportare un innalzamento della soglia di rischio;
- mappatura dello stabilimento in considerazione delle tipologie di produzione e di stoccaggio delle materie prime e imballaggi, comprensive delle aree esterne;
- individuazione delle zone più significative per l'installazione di dispositivi di cattura in funzione del tipo di infestante e delle condizioni microclimatiche ambientali.

Gli infestanti presi in considerazione sono:

- Roditori
- Insetti.

Il monitoraggio dei roditori è stato impostato installando opportune trappole con esche rodenticide all'interno e all'esterno dello stabilimento. Le trappole sono state installate secondo uno schema a fasce concentriche e precisamente:

- una fascia interna allo stabilimento;
- una 1^a fascia esterna di contenzione adiacente al fabbricato dello stabilimento;
- una 2^a fascia esterna di contenzione discosta dal fabbricato dello stabilimento con dislocazione articolata in funzione della tipologia del terreno e di installazioni particolari (es. vasca di trattamento acque reflue).

Il controllo periodico delle trappole viene riportato su apposita scheda.

Il monitoraggio degli insetti è articolato considerando le principali specie infestanti le derrate alimentari con due tipi diversi di catture e precisamente:

- cattura selettiva
- cattura non selettiva.

Il sistema di cattura selettiva viene effettuata nei confronti di adulti di Lepidotteri Ficitidi detti comunemente tignole e di Blattoidei.

Per i lepidotteri vengono utilizzate trappole innocate con feromoni sessuali di sintesi.

Il sistema di cattura relativo alle blatte consta di trappole con supporto adesivo sul fondo delle stesse e con esca centrale.

Le trappole dei due tipi sono installate in postazioni individuate opportunamente in funzione della tipologia delle lavorazioni e degli ambienti di magazzinaggio.

Il controllo periodico delle catture viene riportato su apposita scheda.

Il sistema di cattura non selettivo prevede l'utilizzo di trappole luminose tipo insect o cutor anch'esse installate opportunamente in tutte le aree dello stabilimento in postazioni definite.

I reperti catturati vengono discriminati qualitativamente e quantitativamente.

In questo tipo di trappole vengono catturati insetti appartenenti a

molti gruppi sistematici (muscidi, rincoti, imenotteri aculeati, lepidotteri, coleotteri).

Anche in questo caso il controllo periodico della cattura viene riportato su apposita scheda.

Il sistema di monitoraggio descritto ha evidentemente dei limiti e non pretende di essere risolutivo del problema.

Ciò nonostante permette di tenere sotto controllo la situazione e di prendere adeguate decisioni circa la necessità di interventi (trattamenti di disinfestazione, intensificazione delle pulizie, etc.).

L'altro aspetto della contaminazione biologica è la contaminazione ad opera di microorganismi e in particolare la contaminazione secondaria.

Contrapposta a quella primitiva, costituita dai microorganismi fisiologicamente presenti sulle materie prime al momento della raccolta (latte, prodotti vegetali) o della macellazione (carni), la contaminazione secondaria è sostenuta da batteri e miceti che invadono il prodotto nel corso delle lavorazioni successive.

I contaminanti secondari invadono il prodotto proveniendo dall'ambiente stesso di trasformazione industriale.

La colonizzazione dell'ambiente può essere conseguente all'impianto di batteri di comune riscontro ambientale, i quali trovano all'interno degli stabilimenti numerose nicchie ove possono proliferare più agevolmente.

Da non dimenticare che insetti e roditori sono dei serbatoi di germi anche patogeni che diffondono nell'ambiente attraverso le deiezioni, il contatto con gli alimenti o le superfici degli impianti.

Un perenne interscambio avviene tra microorganismi adesi al prodotto lavorato e microorganismi adesi alle superfici degli impianti ed è regolato da variabili chimico-fisiche che dipendono dalla composizione del prodotto alimentare, dalla velocità, dal tipo di lavorazione, dalle caratteristiche dei materiali delle superfici di contatto e dalle caratteristiche bioecologiche dei microorganismi.

In condizioni normali il flusso migratorio dei batteri andrà dalla zona a più elevato contenuto (prodotto in transito) a quello a più basso contenuto (superfici di contatto).

La direzione di flusso può tuttavia invertirsi con passaggio preferenziale di batteri dalla superficie al prodotto quando le cariche microbiche delle superfici risultano superiori a quelle del prodotto in transito e per una ragione probabilistica aumenta anche il rischio che tra la flora adesa alle superfici si ritrovino anche batteri patogeni che trovano nelle nicchie di residuazione ambientale un ecosistema ideale a favorire la pro-

liferazione. Viene anche favorito l'insediamento di batteri ambientali con connotazioni di patogenesi condizionata.

Fra i fattori di rischio delle contaminazioni secondarie nell'industria alimentare possiamo citare:

- Batteri deteriorativi con peculiari caratteristiche adattive: *Pseudomonas* ed altri Gram negativi psicotrofi, Coliformi psicotrofi, Lieviti psicotrofi osmotolleranti refrattari ai conservanti e batteri Gram Positivi acido tolleranti.
- Batteri patogeni condizionati, ad ampia diffusione ambientale (*Listeria*).
- Formazione di biofilm, con sintesi di strutture protettive (glicocalice) ed adesiva (pili).
- Batteri con resistenze strutturali ad alcuni disinfettanti (*Pseudomonas*, *Providencia*, *Proteus*).
- Batteri con resistenza ai disinfettanti mediata da plasmidi.

Per raggiungere i livelli di sicurezza compatibili con i rischi di contaminazione secondari è indispensabile in primo luogo la formulazione di procedure di pulizia, deterzione e disinfezione affidabili, chiare e non ultimo a prova di disattenzione ed errori umani.

L'affidabilità delle operazioni di sanificazione ed il livello di sicurezza raggiunto vanno poi verificati nel modo più semplice e rapido possibile. Così come abbiamo visto nel corso dei macroorganismi infestanti, anche per il controllo delle contaminazioni secondarie da batteri è necessario instaurare un sistema di monitoraggio.

I metodi più comunemente utilizzati per il monitoraggio della contaminazione delle superfici sono:

prelievo per tampone, piastra contatto e liquido di risciacquo.

La valutazione del livello di contaminazione batterica può essere eseguita con metodi della batteriologia tradizionale che permettono di determinare con precisione la carica batterica, ma hanno l'inconveniente di avere tempi di risposta lunghi che non permettono quindi interventi correttivi in tempo utile.

Ultimamente, come descritto da Ottaviani in un recente convegno sull'igiene degli alimenti, è utilizzabile un metodo di semplice applicazione con risposte praticamente in tempo reale basato sul dosaggio dell'ATP presente sulle superfici degli impianti.

Il metodo bioluminometrico, non permette di discriminare fra ATP batterico e somatico, ma, per le considerazioni sopra esposte non ha grande interesse immediato conoscere l'esatta entità della contaminazione

batterica quanto lo stato di pulizia delle superfici che è strettamente correlato allo stato igienico.

In conclusione, applicando le norme di buona fabbricazione (GMP) e l'approccio all'analisi dei rischi e del controllo dei punti critici (HACCP) è possibile tenere sotto controllo i rischi prevedibili anche per quanto concerne la contaminazione secondaria da macro e microorganismi.

BIBLIOGRAFIA

- CERUTTI G., 1989 - *Il rischio alimentare*. Ed. Tecniche Nuove.
- DOMENICHINI G., 1984 - *Gli artropodi infestanti le derrate*. CNR, IPRA, Roma.
- DOMENICHINI G., 1984 - *Impurità solide negli alimenti*. Chirotti Editore.
- GALLI VOLONTERIO A., 1984 - *Igiene degli alimenti*. Ed. Clesav.
- ICMSF, 1982 - *Microorganism in Foods*. University of Toronto Press.
- ICMSF, 1988 - *HACCP in Microbiological Safety and Quality*. Blackwell Scientific Publications.
- KRÄMER J. & CANTONI C., 1990 - *Alimenti Microbiologia e Igiene*. Ed. OEMF.
- MORIANI F., 1991 - *Fonti e veicolazione della biocontaminazione nell'industria alimentare*. Industrie Alimentari 724, 8.
- OTTAVIANI F., 1991 - *Contaminazione Microbica di superficie nell'industria alimentare*. Industrie Alimentari 635, 8.
- RINDONE B., 1989 - *Sistemi di Monitoraggio in una industria alimentare*. Disinfestazione 79, 8.
- SÜSS L., 1988 - *Gli infestanti delle derrate conservate e delle industrie alimentari*. Ed. MO.ED.CO.

RIASSUNTO - Alcuni aspetti del problema contaminanti degli alimenti.

Il controllo di qualità degli alimenti deve interessare tutta la filiera produttiva e distributiva; in particolare va seguito il ciclo produttivo in fabbrica con isolamento e protezione igienica dei punti critici, creando idonee aree di rispetto, controllo delle materie prime in arrivo con speciale attenzione agli imballaggi dove possono annidarsi insetti e larve. Particolare importanza va inoltre data al controllo microbiologico. Applicando le norme di buona fabbricazione (GMP) e l'analisi dei rischi e del controllo dei punti critici (HACCP) è possibile tenere sotto controllo i rischi prevedibili di contaminazione secondaria da macro e microorganismi.

ABSTRACT - Some Aspect of Food Contamination.

Food products quality control must be done on the whole production line and distribution to the consumers. Especially in the factory measures must be taken beforehand to prevent bacteria and pest contamination in the critical and most exposed points of the production line. The final step of packing frequently could be the most crucial because of the possibility for the pests to find a favorable environment for their growth.

COMUNICAZIONI

GUIDO PERIN, PIETRO TRAVERSO, PAOLA MIANA & EMANUELE ARGESÈ

SUBMITOCHONDRIAL PARTICLES BIOASSAY AS A GENERAL AND FAST PROCEDURE FOR DETERMINING WATER TOXICITY

FOREWORD

Environmental accumulation of many chemicals due to the indiscriminate use and the scarce attention for the environment has brought, especially in the past, to a large distribution all over the world of many pollutants and their envirometabolites which accumulated in the biomass and in organic and inorganic substrates.

Many of those compounds are very dangerous for the ecosystems because are able to interfere with the normal development and growth of many animals and, above all, for the human being which could be their final fate.

The necessity of fast and quantitative tests for determining toxic and sublethal effects of the pollutants has been a very important step of the research in ecotoxicology (BLONDIN *et al.*, 1985). Many different bioassays have been proposed and the search for determining a standard method of bioassaying environmental samples is continuing with special emphasis for the short-time tests and biomarkers tests.

Mitochondria are well known as fundamental structure in the energy transfer processes in the living cell and their behaviour therefore can be used as reference bioassay for many chemicals able to interfere or stop the NADH/NAD⁺ reaction. (ERNSTER and LEE, 1967). However, because mitochondria can be utilized within 5/6 hours from the preparation, the application of the method is, obviously, time-limited and cannot be considered as a routine method for general monitoring of specif-

ic environment (OGATA *et al.*, 1983a, 1983b; NISHINARA, 1983; NISHINARA *et al.*, 1983; DIAMOND and KENCH, 1974; SHANNON *et al.*, 1991). For instance, biomonitoring the quality of drinking water, requires a rapid, reproducible and easy-to-be done checking test which contrasts with the short time of viability of the mitochondria.

Blondin and Harkin (BLONDIN, 1987; HARKIN *et al.*, 1990) went beyond this problem by using phosphorylating sumitochondrial particles (SMPs) prepared by sonic disruption of the heavy fraction of intact bovine heart mitochondria. The SMPs can be stored in freezer maintaining their activity also after many months and can be defrosted to the ready-to-use conditions when necessary. This peculiar characteristics allow them to be a reliable material for bioassay on large scale and for routine analyses.

The original bioassay technique is based on phenomenon of energy-coupled reverse electron transfer (RET) which is easily recorded by a spectrophotometer following the rate of reduction of NAD^+ , a coenzyme important in the mitochondrial respiration. The RET reaction measures the rate at which a complex series of energy-producing reactions is operating to produce NADH which absorbs at 340 nm. The inhibition of NAD^+ reduction is used as criterion for determining the toxicity of the chemical and it is expressed as EC_{50} i.e. the concentration of the chemical able to reduce a reference response by 50%.

We got the SMPs from the Water Resources Center in the University of Wisconsin in Madison from Dr. Blondin in 1989 who kindly supplied the frozen mitochondrial particles and we tried to apply them to the drinking water problems. Because of the relatively low sensitivity of the original methods for the application in drinking water research (which will generate a lot of artifacts during the preconcentration phases) we worked to improve it by modifying some parts of the analytical protocols as described in the Materials and Methods.

MATERIALS AND METHODS

The SMPs were prepared from mitochondria of beef heart according to Hansen and Smith (1964); the test with phosphorylating SMP was carried out by determining the toxicant effect on RET induced by ATP and succinate at the first site level of the respiratory chain (1); the NAD^+ reduction from succinate and ATP has been measured after Emster and Lee (1967); the medium was sucrose (0.18 M), Hepes pH 7.5 (50 mM), potassium succinate (50 mM), antimycin (0.7 $\mu\text{g}/\text{ml}$), Mg Sul-

phate (30 mM) and NAD^+ (1 mM). Frozen SMPs suspension at 100 mg/ml are defrosted before use; each test is performed by adding 2.9 ml of the medium at 25 C in cuvette of 1.0 cm path lenght followed by mixing of 10 ul of SMPs suspension and 50 ul of a 0.2 M ATP solution.

After monitoring the initial linear increase of 340 nm Absorbance, the ABS increase of three subsequent additions of known toxicant were recorded. This represents a modification of the original Blondin's methods; in the Blondin's technique, indeed, the chemicals to be examined are mixed with medium and SMPs in the pre-incubation phase and ABS at 2' and 5' are recorded, after addition of ATP. The results are compared with a reference. We found a relatively high variation in the reproducibility of the test and therefore we preferred to introduce the chemical to be tested in the same cuvette where the SMPs have «worked» for 10' in absense of the toxic; we don't need, therefore, a separate reference and the variation of the respiration activity is recorded on a test alone where the particles are utilized before in standard conditions and after in inhibition conditions, reducing most of the variation due to the biological matrix. The reagent concentration of the medium, furthermore, has been modified, to get a more linear response of the ABS vs. time; the % of respiration inhibition is therefore calculated comparing the slopes of the lines of the SMPs before and after the addition of the tested chemical.

Fig. 1 shows a typical spectrophotometric trace of a organic Tin compound (Tributyltin). The EC_{50} value is extrapolated by the concentration at which the toxicant diminished the NADH production rate by 50%. In fig. 2 the computation procedure utilized for determining EC_{50} value for TBT is presented.

RESULTS AND CONSIDERATIONS

Results of the preliminary application of SMPs-methods on some drinking water typical pollutants, some pesticides and metals are reported in figg. 1 and 2, partially compared with the data obtained by Blondin. For Halomethanes and pesticides the so-called MITO/ITA seems to be more sensitive than the MITO/USA; for chlorinated compounds the data are comparable; in some cases (1,3,5-Trichlorobenzene, 2,3,6-trichlorophenol and 2,4,6-trichlorophenol) MITO/ITA is more sensitive as for metals (Zinc and Cadmium excluded).

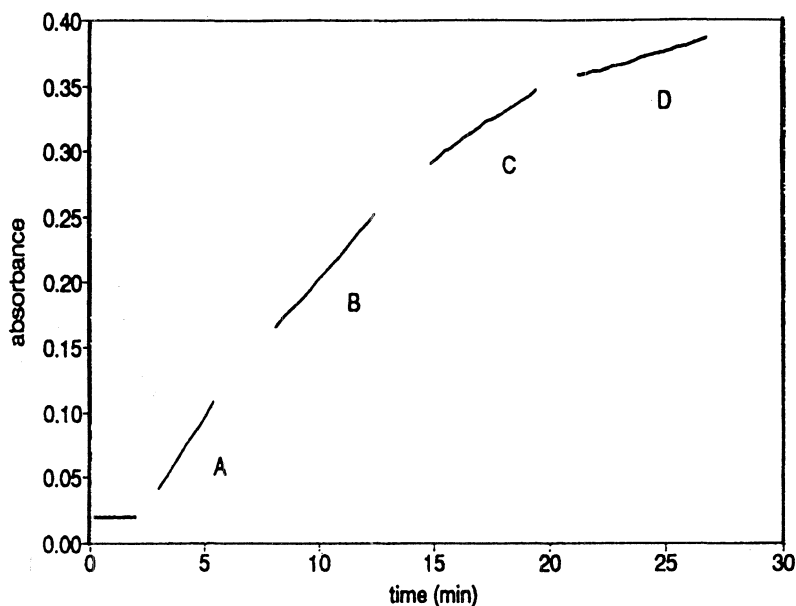


Fig. 1 - Spectrophotometric trace obtained in toxicological SMP assay of TBT. A: rate of NADH production in standard condition (2.9 cc medium, 10 μ l SMP, 50 μ l ATP 0.2M). B, C, D: rate of NADH production after addition of 3, 6, 9 μ l of standard TBT solution (16 mg.l⁻¹), respectively.

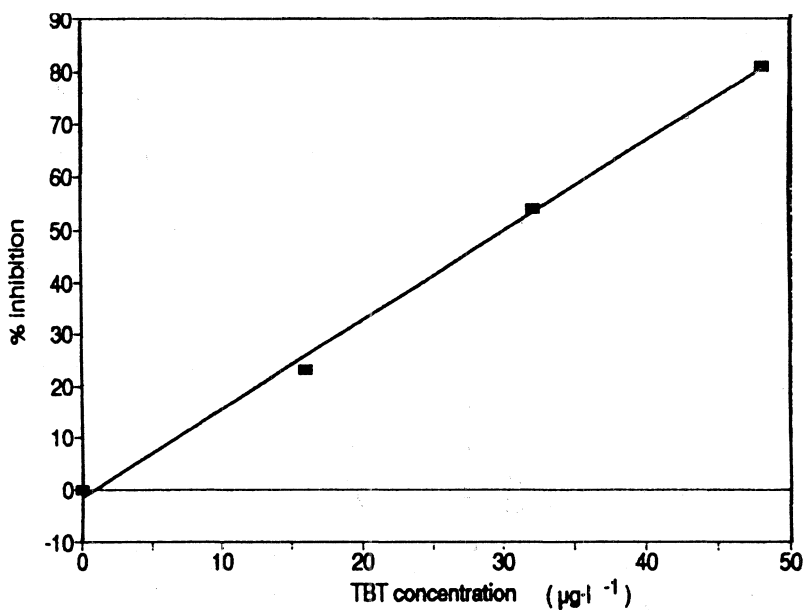


Fig. 2 - The % inhibition of NADH production rate is plotted as a function of TBT concentration to calculate the regression line and the EC₅₀ value.

**Table 1 - EC₅₀ of some Halomethanes with our (1)
and with Blondin's procedure (2)***

	(1)	(2)
Bromodichloromethane	6000	nd
Chloroform	6000	450000
1,2-dichloroethylene cis	1600	nd
1,2-dichloroethylene trans	2600	nd
Perchloroethylene	4000	nd
Tetrachloroethylene	2600	nd
Carbon Tetrachloride	1300	114000

**Table 2 - EC₅₀ of some Chlorobenzenes and Chlorophenols determined with our (1)
and with Blondin's procedure (2)***

	(1)	(2)
Chlorobenzene	84600	85000
o-Dichlorobenzene	20800	21000
1,2,3-Trichlorobenzene	5300	5300
1,2,4-Trichlorobenzene	4433	1820
1,3,5-Trichlorobenzene	2000	62000
2,3,6-Trichlorophenol	1760	8800
2,4,5-Trichlorophenol	400	600
2,4,6-Trichlorophenol	4000	10000
2,3,5,6-Tetrachlorophenol	500	500

**Table 3 - EC₅₀ of some Herbicides determined with our (1)
and with Blondin's procedure (2)***

	(1)	(2)
Alachlor	1959	55000
Atrazine	2000	132000
Bentazone	1200	nd
Cycloate	2980	nd
Diazinon	30000	39000
Dinoseb	18	60
Guthion	6900	18000
Molinate	1705	nd
Trifluralin	1900	6900

Table 4 - EC₅₀ of some Metals determined with our (1) and with Blondin's procedure (2)*

	(1)	(2)
Cadmium	800	520
Chromium (III)	6600	33000
Nickel	2000	2200
Lead	300	2200
Copper	66	380
Zinc	3000	1700

* The experimental data reported in this paper have been prepared by Prof. E. Argese and Dr. P. Miana.

REFERENCES

1. BLONDIN G. A., KNOBELOCH L. & HARKIN J. M., 1985 - *Bioassay of Toxic Substances in Water*. Wisconsin Academy Review: 31-332.
2. BLONDIN G. A., KNOBELOCH L. M., READ H. W. & HARKIN J. M., 1987 - *Mammalian Mitochondria as In Vivo Monitors of Water Quality*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 38: 467.
3. DIAMOND E. M. & KENCH J. E., 1974 - *Effect of Cadmium on the respiration of Rat Liver Mitochondria*. Environ. Physiol. Biochem. 4: 280-283.
4. ERNSTER L. & LEE C. P., 1967 - *Energy-linked Reduction of NAD⁺ by Succinate*. Methods in Enzymology 10: 729-739.
5. HANSEN M. & SMITH A. L., 1964 - *Studies on the Mechanisms of Oxidative Phosphorylation. VII. Preparation of a Submitochondrial Particle (EPTh) which is Capable of Fully Coupled Oxidative Phosphorylation*. Biochim. Biophys. Acta 81: 214-222.
6. HARKIN J. M., BLONDIN G. A., KNOBELOCH L. M. & READ H. W., 1990 - *Mitochondrial Bioassay for Toxic Substances in Water-Report for US Geological Survey WRC Univ. Wisconsin-Madison Apr. 19, 1990*.
7. NISHIHARA Y., 1983 - *Effects of Polychlorinated Biphenyls (Kanechlor-400) on Isolated Rat Liver Mitochondria*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 12: 517-522.
8. NISHIHARA Y., ROBERTSON L. W., OESCH F. & UTSUMI K., 1985 - *Interaction of Tetrachlorophenols with Isolated Rat Liver Mitochondria*. J. Pharmacobio-Dyn. 8: 726-732.
9. OGATA M., HASEGAWA T. & INOUE I., 1983 - *Effects of Environmental Pollutants on the Mitochondrial and Red Cell Membranes*. J. Toxicol. Sci. 8: 205-212.
10. OGATA M., MORI T., IZUSHI F., ETOH K., SAKAI R., MEGURO T. & INOUE B., 1983 - *Classification of Potentially Toxic Chemical Based on Their Effects on Mitochondrial Respiration*. Physiol. Chem. Phys. Med NMR 15: 229-232.
11. SHANNON R. D., BOARDMAN G. D., DIETRICH A. M. & BEVAN D. R., 1991 - *Mitochondrial Response to Chlorophenols as a Short-Term Toxicity Assay*. Environ. Toxicol. Chemistry 10: 57-66.

ABSTRACT - Submitochondrial particles bioassay as a general and fast procedure for determining water toxicity.

A new bioassay technique, based on phenomenon of energy-coupled reverse electron transfer (RET) is easily recorded by a spectrophotometer following the reduction rate of NAD⁺, a coenzyme important in the mitochondrial respiration, has been applied to the toxicity monitoring of some pollutants. The RET reaction measures the rate at which a complex series of energy-producing reactions is operating to produce NADH which absorbs at 340 nm. The inhibition of NAD⁺ reduction is used as criterion for determining the toxicity of the chemical and it is expressed as EC₅₀ i.e. the concentration of the chemical able to reduce a reference response by 50%.

Results of the preliminary application of the SMPs method on some drinking water typical pollutants, some pesticides and metals are reported.

RIASSUNTO - Bioassay con particelle submitocondriali come test rapido e generale per la valutazione della tossicità di un'acqua.

Una nuova tecnica di bioassay basata sul principio del trasferimento di elettroni RET nel processo di riduzione del NAD⁺ mediante particelle submitocondriali è stata applicata per la valutazione di inquinanti ambientali, in particolare nelle acque potabili. La reazione RET misura la velocità alla quale una serie complessa di reazioni che producono energia agisce per produrre NADH che assorbe a 340 nm e che può, quindi, essere misurato con un semplice spettrofotometro. L'inibizione della riduzione del NAD⁺ è usata come criterio per definire la tossicità del composto ed espressa come EC₅₀, ossia come la concentrazione in grado di ridurre la risposta del riferimento del 50%.

PAOLA MIANA, GUIDO PERIN, PIETRO TRAVERSO & RAFFAELLA FABRIS

INTERAZIONE SEDIMENTI E MACROFITE (*ULVA RIGIDA*) NELLA LAGUNA DI VENEZIA

INTRODUZIONE

Il termine eutrofizzazione nel suo significato originario indica una abbondanza di sostanze nutritive in un ambiente acquatico, ma viene normalmente usato per indicare un abnorme sviluppo algale legato all'aumento di nutrienti disponibili con conseguenze negative tali da poter compromettere le stesse risorse idriche nel loro complesso.

Il fenomeno di eutrofizzazione nella laguna di Venezia si presenta da alcuni decenni, ma si è intensificato in particolar modo a partire dagli anni '70, portando ad includere tale laguna fra le aree ad elevato rischio ambientale (SFRISO *et al.*, 1990).

La laguna di Venezia è un bacino di circa 550 Km² con profondità media di un metro, compresa tra la foci del Sile e del Brenta e collegata al mare attraverso tre strette bocche di porto (SFRISO *et al.*, 1987); riceve gli scarichi civili di Venezia, Mestre e Chioggia, gli scarichi industriali di Marghera e acque provenienti da 24 punti di immissione drenanti una regione di 2000 Km² intensamente coltivata (BERNARDI *et al.*, 1986; ALBEROTANZA *et al.*, 1987), ed ha una salinità compresa tra 25-35‰ (SFRISO *et al.*, 1987).

In estese aree il ricambio di acqua è estremamente limitato per la presenza di canali, isole e per alcune variazioni dell'idrodinamica effettuate per favorire gli accessi dal mare alla zona industriale (Malamocco e canale di Marghera) (SFRISO *et al.*, 1987).

Fino agli anni '70 la produzione algale iniziava alla fine di febbraio, periodo in cui, dopo la rapida dominanza dell'alga *Enteromorpha* sp. pl., prevaleva l'*Ulva rigida*, che, crescendo velocemente, occupava tutto lo spazio disponibile (SFRISO *et al.*, 1990; SFRISO *et al.*, 1987; LAVERY *et al.*, 1991; SFRISO & CAVOLO, 1983), raggiungeva una biomassa massima tra aprile e maggio e quindi declinava fino a scomparire in autunno-inverno. Tale processo si verificava in condizioni aerobiche (SFRISO & CAVOLO, 1983). I nutrienti presenti nell'acqua venivano assorbiti durante il periodo di crescita, rilasciati dalle alghe alla fine del loro ciclo vitale e accumulati nel sedimento (SFRISO *et al.*, 1987; SFRISO *et al.*, 1989).

Negli ultimi vent'anni però questo andamento ha subito delle modifiche legate probabilmente alle alterazioni idrodinamiche, che comportano uno scarso ricambio d'acqua in zone sempre più ampie impedendo un ricambio di ossigeno, determinando l'instaurarsi di condizioni anossiche, la decomposizione della biomassa algale e la morte degli organismi aerobi (SFRISO *et al.*, 1988; SFRISO *et al.*, 1987). Si è così verificata una diminuzione della varietà delle specie animali e vegetali più sensibili, con invece abnorme sviluppo di quelle che presentano una maggiore adattabilità (PAVONI *et al.*, 1989) ed in grado quindi di superare condizioni più selettive; così *Ulva rigida*, con la scomparsa delle Spermatofite, si è affermata occupando in alcune zone il 90% dello spazio disponibile e specie anaerobie come *Chironomus salinerius* crescono in modo incontrollato per assenza di predatori (zoobenthos e pesci) (SFRISO *et al.*, 1989; CERETTI *et al.*, 1985).

In tali condizioni si ha rilascio di nutrienti nelle acque che, utilizzati dal fitoplankton, contribuiscono a determinarne il caratteristico bloom (SFRISO *et al.*, 1987; VOLTOLINA, 1973; SOCAL, 1987).

La maggior parte degli studi di tale fenomeno sono stati effettuati in campo e sono stati rivolti all'origine e al rapporto dei nutrienti di acque e sedimenti con la composizione e distribuzione macroalgale e planktonica, mentre sono pochi gli studi effettuati in vitro per cercare di individuare i rapporti causa-effetto di tale fenomeno e valutare la possibilità di limitarlo.

Lo studio sull'eutrofizzazione da noi effettuato è basato su una serie di prove sperimentali in vitro.

A tale scopo è stato seguito per quattro mesi l'accrescimento dell'alga in due condizioni ambientali distinte: una in cui l'alga è stata fatta crescere in presenza di sola acqua di laguna e una in presenza acqua e sedimento lagunare.

La seconda serie di prove è consistita nel ricreare tre diverse condizioni ambientali: due analoghe a quelle della prima serie di esperimenti

(solo acqua e acqua più sedimento) a verifica dei risultati della precedente prova, ed una terza in cui il sedimento veniva rimosso e risospeso per simulare una eventuale fresatura del fondo lagunare e verificarne gli effetti meccanici e quelli legati all'eventuale presenza nel sedimento di fattori di accrescimento e/o sostanze tossiche portate in soluzione dalla risospensione.

MATERIALI E METODI

Sono stati utilizzati tre cristallizzatori in vetro pyrex in cui sono stati posti: in uno 500 ml di sedimento proveniente dal punto di campionamento n° 5 della Giudecca, ed acqua di laguna filtrata attraverso filtri Schleicher & Schuell-589 Weißband; in un secondo 500 ml di sedimento identico al precedente, con inseriti 4 diffusori d'aria, in modo da consentire la risospensione del sedimento ed acqua di laguna filtrata, ed un terzo in cui è stata posta *solo* acqua di laguna filtrata.

L'acqua di laguna è stata cambiata settimanalmente. In ogni cristallizzatore sono stati posti 3 quadrati dell'alga *Ulva rigida* ciascuno con una superficie di 16 cmq. Le prove sono state mantenute alla temperatura costante di 20° +/- 1° C e ad una intensità luminosa di 4000 lux con un ciclo giornaliero di 16 ore luce e 8 ore buio. (SAND-JENSEN, 1988; STEIN). La prova è stata seguita una prima volta per 15 settimane ed una seconda per 10 settimane. Ogni misura di superficie è stata riportata come media della misura delle superfici dei tre quadrati d'alga in ogni singola condizione.

RISULTATI E CONSIDERAZIONI

Durante il primo ciclo di prove si è osservato che dopo un periodo di crescita di circa un mese e mezzo in cui non si è osservata una netta distinzione tra la condizione di acqua più sedimento e solo acqua, è seguito un progressivo deterioramento dell'alga mantenuta in sola acqua di laguna (Fig. 1). Sulla superficie dell'alga infatti, si è avuta la comparsa di zone di depigmentazione e di necrosi che sono andate via via estendendosi fino alla disaggregazione completa verificatasi dopo circa tre mesi. L'alga mantenuta in condizioni di acqua più sedimento ha presentato, viceversa, un costante accrescimento della superficie algale e una forte pigmentazione.

Durante il secondo ciclo di prove (Fig. 2), si sono confermati, in

Fig. 1

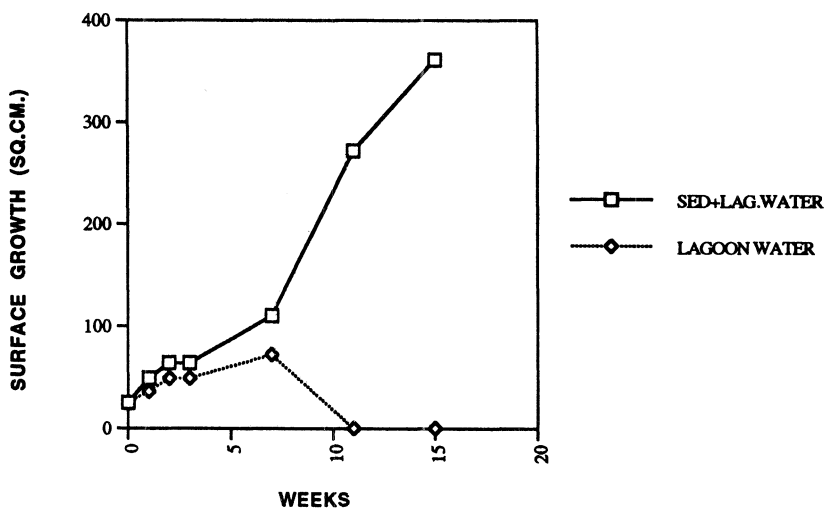
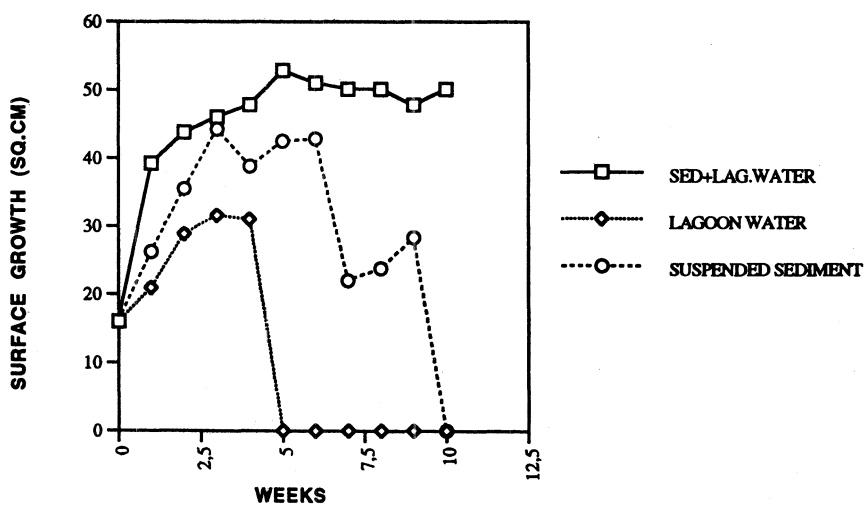


Fig. 2



parte, i risultati della prima prova in quanto si è verificata, anche in questo caso, la progressiva degenerazione delle alghe mantenute in presenza di sola acqua di laguna, mentre quelle mantenute in condizioni di acqua e sedimento hanno presentato un più netto accrescimento. Si è però osservato che, a differenza di quanto avvenuto nel primo ciclo di prove sperimentali, l'alga, mantenuta in acqua e sedimento, ha raggiunto uno sviluppo superficiale massimo nel periodo compreso tra la quinta e la sesta settimana, assestandosi poi ad un valore di sviluppo superficiale pressoché costante.

Per quanto riguarda la terza condizione con sedimento rimosso e acqua, si è notato che l'alga, pur accrescendosi in modo analogo a quello dell'alga mantenuta in condizioni di acqua e sedimento, presentava delle zone di necrosi che andavano aumentando nel corso della prova sperimentale. Si è supposto che tale fenomeno potesse essere causato o da sostanze tossiche eventualmente messe in soluzione in seguito al rimescolamento del sedimento, o all'azione meccanica del particellato sottile sospeso che si andava ridepositando su alcune zone della superficie algale, impedendone l'attività fotosintetica.

BIBLIOGRAFIA

1. SFRISO A., RACCANELLI S., PAVONI B. & MARCOMINI A., 1991 - *Sampling strategies for measuring macroalgal biomass in the shallow waters of the Venice lagoon*. *Envir. Technol.* 12: 263-269.
2. ALBEROTANZA L., DONAZZOLO R., ORIO A. A., PAVONI B. & ZANDONELLA A., 1987 - *La dinamica dell'inquinamento nella laguna e nel golfo di Venezia*. *Inquinamento* 3: 82-90.
3. BERLAND B. R., BONIN D. J., GUERIN-ANCEY O. J., KAPKOV V. I. & ARLHAC D. P., 1977 - *Action de métaux lourds à des doses subletales sur les caractéristiques de la croissance chez la diatomée *Skeletonema costatum**. *Mar. Biol.* 42: 17-30.
4. BERNARDI S., CECCHI R., COSTA F., GHERMANDI G. & VAZZOLER S., 1986 - *Trasferimento di acqua dolce e di inquinanti nella laguna di Venezia*. *Inquinamento* 1/2: 46-64.
5. CHIAUDANI G., GAGGINO G. F. & VIGHI M., 1983 - *Synoptic survey of the distribution of nutrients in Italian Adriatic coastal waters*. *Thalassia Jugo.* 19: 77-86.
6. COWGILL U. M., MILAZZO D. P. & LANDENBERGER B. D., 1989 - *Toxicity of nine benchmark chemicals to *Skeletonema costatum*, a marine diatom*. *Envir. Toxicol. and Chem.* 8: 451-455.
7. EBERLEIN K., BROCKMANN U. H., HAMMER K. D., KATTNER G. & LAAKE M., 1983 - *Total dissolved carbohydrates in an enclosure experiment with unialgal *Skeletonema costatum* culture*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 14: 45-58.

8. LAVERY P. S., LUKATELICH R. J. & McCOMB A. J., 1991 - *Changes in the biomass and species composition of macroalgae in a eutrophic estuary*. Est. Coast. and Shelf Sci. 33.
9. RIVKIN R. B., 1979 - *Effects of lead on growth of the marine diatom Skeletonema costatum*. Mar. Biol. 50: 239-247.
10. SAND-JENSEN K., 1988 - *Minimum light requirements for growth in Ulva lactuca*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 50: 187-193.
11. SAND-JENSEN K., 1988 - *Photosynthetic responses of Ulva lactuca at very low light*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 50: 195-201.
12. SFRISO A., MARCOMINI A. & PAVONI B., 1987 - *Relationships between macroalgal biomass and nutrient concentrations in a hypertrophic area of the Venetice lagoon*. Mar. Env. Res. 22: 297-312.
13. SFRISO A., CAVOLO F., 1983 - *La situazione delle alghe nella laguna di Venezia*. Amb. Ris. Sal. 38-39.
14. SFRISO A., MARCOMINI A. PAVONI B. & ORIO A. A., 1990 - *La laguna di Venezia come caso esemplare*. Inquinamento 4: 62-78.
15. SFRISO A., MARCOMINI A., PAVONI B. & ORIO A. A., 1987 - *Macroalgal production and nutrient recycling in the lagoon of Venice*. Ing. San. 255-266.
16. SFRISO A., PAVONI B., MARCOMINI A. & ORIO A. A., 1988 - *Annual variations of nutrients in the lagoon of Venice*. Mar. Poll. Bull. 19: 54-60.
17. SFRISO A., PAVONI B. & MARCOMINI A., 1989 - *Macroalgae end phytoplankton standing crops in the central Venice lagoon: primary production and nutrient balance*. Sci. Tot. Environ. 80, 139-159.
18. SOCAL G., 1987 - *Evoluzione dei bloom fitoplanctonici nel bacino centrale della laguna veneta*, Relazione finale convenzione C.N.R. Istituto di Biologia del mare - E.N.E.L.
19. SOCAL G., 1988 - *Studio sulle anomalie dei cicli nictemerali dell'ossigeno disciolto esistenti nell'area del canale Malamocco-Marghera antistante la seconda zona industriale*. Relazione finale Convenzione C.N.R. Istituto di Biologia del mare-E.N.E.L.
20. STEIN J. R., 1986 - *Culture methods and growth measurements. Handbook of phycollogical methods*. Cambridge University Press.
21. VOLTOLINA D., 1973 - *A phytoplankton bloom in the lagoon of Venice*. Arch. Ocean. Limnol. 18: 19-37.
22. WATTE T. & MITCHELL. R., 1972 - *The effect of nutrient fertilization on the benthic alga Ulva lactuca*. Bot. Mar. 15: 151-156.

RIASSUNTO - Interazione sedimenti e macrofite (*Ulva rigida*) nella laguna di Venezia.

Vengono riportati i risultati di uno studio sull'eutrofizzazione basato su una serie di prove sperimentali in vitro sulla crescita dell'*Ulva rigida* in rapporto ai sedimenti della laguna di Venezia. Dalla ricerca è emerso che, dopo un periodo di crescita di circa un mese e mezzo in cui si è osservata una netta distinzione tra la condizione di acqua più sedimento e solo acqua, è seguito un progressivo deterioramento dell'alga mantenuta in sola acqua di laguna. Sulla superficie dell'alga infatti, si è avuta la comparsa di zone di depigmentazione e di necrosi che sono andate via via estendendosi fino alla disgregazione completa verificatasi dopo circa tre mesi. L'alga mantenuta in condizioni di acqua più sedimento ha presentato, viceversa, un costante accrescimento della superficie algale e una forte pigmentazione. Inoltre l'alga, mantenuta in acqua e sedimento, ha raggiunto uno sviluppo superficiale massimo nel periodo compreso tra la quinta e la sesta settimana, assestandosi poi ad un valore di sviluppo superficiale pressoché costante. Per quanto riguarda la terza condizione con sedimento movimentato e acqua, si è notato che l'alga, pur accrescendosi in modo analogo a quello dell'alga mantenuta in condizioni di acqua e sedimento, presentava delle zone di necrosi che andavano aumentando nel corso della prova sperimentale. Si è supposto che tale fenomeno potesse essere causato o da sostanze tossiche eventualmente messe in soluzione in seguito al rimescolamento del sedimento, o all'azione meccanica del particolato sottile sospeso che si andava ridepositando su alcune zone della superficie algale, impedendone l'attività fotosintetica.

ABSTRACT - Interaction sediments/macrophytes (*Ulva lactuca*) in the Venice Lagoon.

The influence of sediment on the growth of the *Ulva lactuca* in the Lagoon of Venice has been studied. The in vitro tests done with the lagoon water alone, water + sediment (unstirred) and water + sediment (stirred) demonstrated the important role of the sediments as nutrients and bio-stimulating compounds supply.

SILVIA SCOTTO, GUIDO PERIN, OSCAR RAVERA & PIETRO TRAVERSO

ACUTE AND CHRONIC EFFECTS OF TRIBUTYLTIN CHLORIDE ON *DAPHNIA MAGNA* (STRAUS)

INTRODUCTION

Organotins are used in several manufacturing processes, for example, as stabilizers and anti-yellowing agents in PVC production, in several industrial catalytic processes and as biocides. In particular, organotins are used in antifouling paints on ships, boats and docks because they act as fungicides, bactericides and growth inhibitors of algae and animals (1, 2, 3, 4).

Tributyltin, as TBTO, was first used in antifouling paints, in Europe, between 1959 and 1961. Little information is available on the actual production and use of organotins (1).

The maximum levels of tributyltin have generally been detected in areas of high boating activity, which indicate that antifouling paints on boats, ships and docks may be the major source of these compounds in the aquatic environment (1, 5, 6).

Organotins are compounds consisting of one to four organic moieties attached to a tin atom via carbon-tin covalent bonds. When there are fewer than four carbon-tin bonds, the remaining valences of tin are occupied by one or more anions such as chloride, fluoride, hydroxide, oxide (7).

Triorganotins are more toxic than other forms of organotins. In fact, toxicity increases as the number of organic moieties increases from one to three, and decreases with the incorporation of a fourth. Moreover,

among triorganotin, the toxicity increases as the number of carbon atoms in the organic moieties increases from one to four, and then it decreases when the number of carbon atoms exceeds four. Thus, tributyltin is the most toxic organotin to the aquatic life (8, 9, 10).

The solubility of TBT in water is influenced by such factors as red-ox potential, pH and temperature (11). For instance, at pH 6, the solubility of tributyltin chloride is 1 mg l⁻¹, at pH 3 and 4, it is 2 mg l⁻¹, and at pH ranging from 8 to 10 it is about 6 mg l⁻¹ (12, 13, 14).

The objective of this study was to evaluate the acute and chronic effects of TBT chloride on *Daphnia magna* (Straus) because daphnids are considered as ones of the most sensitive organisms (15, 16).

MATERIAL AND METHODS

Daphnia magna (Straus) breeding

Daphnia magna was bred in laboratory at 20 °C + 1 with an 8: 16 h dark: light photoperiod (17, 18). The culture water consisted of artificial water (distilled water + salts + B12 vitamin) (Table 1) which had been aerated for 24 h.

Table 1 - Formulation for the preparation of artificial water (g l⁻¹) for breeding of *Daphnia magna* (Straus) (19)

CaCl ₂ x 2 H ₂ O	11.00
MgSO ₄ x H ₂ O	4.93
NaHCO ₃	2.59
KCl	0.23

Take 25 ml from every solution and diluite them to 1 liter with distilled water; add B12 Vitamin with concentration of 1 mg l⁻¹; B12 vitamin has been added because its lack results in the production of progeny with altered reproduction activity (20). Twice a week, this culture water was renewed.

The culture diet consisted of a solution of 60,000 cell ml⁻¹ of *Scenedesmus subspicatus* (Chodat), prepared in Afnor medium (Table 2 and 3). Algae, in exponential growth, were centrifugated, resuspended in artificial water and counted.

Table 2 - Nutritive solution (basic solutions gl^{-1}) for algae (AFNOR).
C.E.M.A.G.R.E.F. Institute. LYON (France)

— Solution 1	
Ca(NO ₃) ₂ x 4 H ₂ O	0.4
— Solution 2	
KNO ₃	1
— Solution 3	
MgSO ₄ x 7 H ₂ O	0.3
— Solution 4	
K ₂ HPO ₄	0.4

Table 3 - Nutritive solution (oligo-elements solutions mg l^{-1}) for algae (AFNOR).
C.E.M.A.G.R.E.F. Institute. LYON (France)

— Solution 5	
CuSO ₄ x 5 H ₂ O	30
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ x 4 H ₂ O	60
ZnSO ₄ x 7 H ₂ O	60
CoCl ₂ x 6 H ₂ O	60
Mn(NO ₃) ₂ x 4 H ₂ O	60
C ₆ H ₈ O ₂ x H ₂ O	60
H ₃ BO ₃	60
— Solution 6	
C ₆ H ₅ FeO ₇ x 5 H ₂ O	1,625
FeSO ₄ x 7 H ₂ O	625
FeCl ₃ x 6 H ₂ O	625

Take 1 ml from solutions 1,2,3,4, and 0.5 ml from solutions 5 and 6 and dilute to 1 liter with sterile water.

A preliminary test with K₂Cr₂O₇ was carried out to verify the sensibility of the organisms; 24h IC₅₀ was 0.12 mg l^{-1} ranging from 0.06 mg l^{-1} to 0.1896 mg l^{-1} .

Acute toxicity test

As the young are more sensitive to the toxic than the adults, acute toxicity tests (24h) were conducted with daphnids aged less than 24 hours (21). The tests were performed in 20 ml glass test-

tubes containing 5 daphnids in 10 ml of test solution (21, 22). The experiments were carried out in quadruplicate without modifying culture conditions.

At the end of the test, the immobile individuals were counted. If in the control the immobile or dead organisms exceeded 10%, the test was repeated. The tested concentrations of tributyltin chloride were: 32, 16, 8, 4 and 2 mg l^{-1} .

The TBT chloride solution at a concentration of 16 mg l^{-1} was prepared by dissolving 0.016 g of TBT chloride in a few drops of acetone for HPLC because of the low solubility of TBT in water. Afterwards, this solution was diluted to one liter with distilled water.

Chronic toxicity test

As for acute toxicity test, newborn daphnids (less than 24 hours) were also taken in this experiment. Chronic toxicity tests were carried out in 125 ml glass beakers filled with 100 ml of toxic solution. Into each one of these beakers ten organisms were transferred by a Pasteur pipette. The toxic solutions were prepared by successive dilution with artificial water (Table 1) starting with the mother solution at 16 mg l^{-1} .

Before using the artificial water for dilutions, the algae (*Scenedesmus subspicatus*), were added. The population density of *Scenedesmus subspicatus* was the same as for the breeding (60,000 cell ml^{-1}). Adding the algae to the diluting water before the addition of the toxic prevented the dilution as well as the differences in population density between the beakers. Toxic solutions were renewed twice a week. Tests conditions were the same as those of breeding. The tested solutions were: 16, 8, 4, 2, 1, 0.5 and 0.25 mg l^{-1} . The number of surviving individuals and the number of the newborns were registered, and then the newborns taken away.

DISCUSSION

In 24 h acute toxicity test the data, reported in Table 4, were analysed according to Litchfield and Wilcoxon (23). The 24 h IC 50 was 12.5 mg l^{-1} ranging from 10.0 mg l^{-1} to 15.5 mg l^{-1} ; this value is in accordance with the data obtained by Vighi and Calamari (24).

Table 4 - Survival of *Daphnia magna* exposed to TBT for 24 h.

Concentration mg ^l ⁻¹	% Survival
Control	100.00
2	100.00
4	100.00
8	100.00
16	15.00
32	0.00

Chronic toxicity tests were repeated three times, to verify the reproducibility of the obtained data and the third experiment was carried out in triplicate. The third experiment confirms the data obtained with the first one. Fecundity has been observed only in the third experiment.

At a concentration of 4 mg^l⁻¹ only 2 daphnids out of 30 succeeded to reproduce. Infact, on the 8th day, 2 daphnids were born from one female that died between the 9th and the 12th day. Moreover, between the 9th and the 12th day 14 daphnids were born from one female, then, other 15 daphnids were born on the 14th day and 3 on the 15th day. This female died between the 16th and the 19th day. The offsprings appeared without anomaly.

The number of offsprings in 4 mg^l⁻¹ solution is relevant if compared to the control where the daphnids reproduced only after the 9th day.

The mortality of daphnids exposed to 1 mg^l⁻¹ continued throughout the exposure: after two weeks the mean percentage of survival was 55% (control = 86.7%) and no daphnids survived on day 33rd. The survival of daphnids exposed to 0.5 mg^l⁻¹ is comparable to that of 1 mg^l⁻¹.

Surviving daphnids exposed to 0.25 mg^l⁻¹ reproduced on test day 8 while in the control reproduction began on test day 12. The mortality of daphnids exposed to 0.25 mg^l⁻¹ continued throughout the exposure: after two weeks the mean percentage of survival was 68.50% (control 90.0%), after three weeks the mean percentage of survival was 66.50% (control 83.33%). Between test days 23 and 26 the survival of the daphnids decreased a lot: from 65% to 33.50%, while in the control it was constant: 83.33%. Surviving daphnids exposed to 0.25 mg^l⁻¹ succeeded in reproducing till the end of the test, but it was not possible to compare the number of offsprings with that of the control because

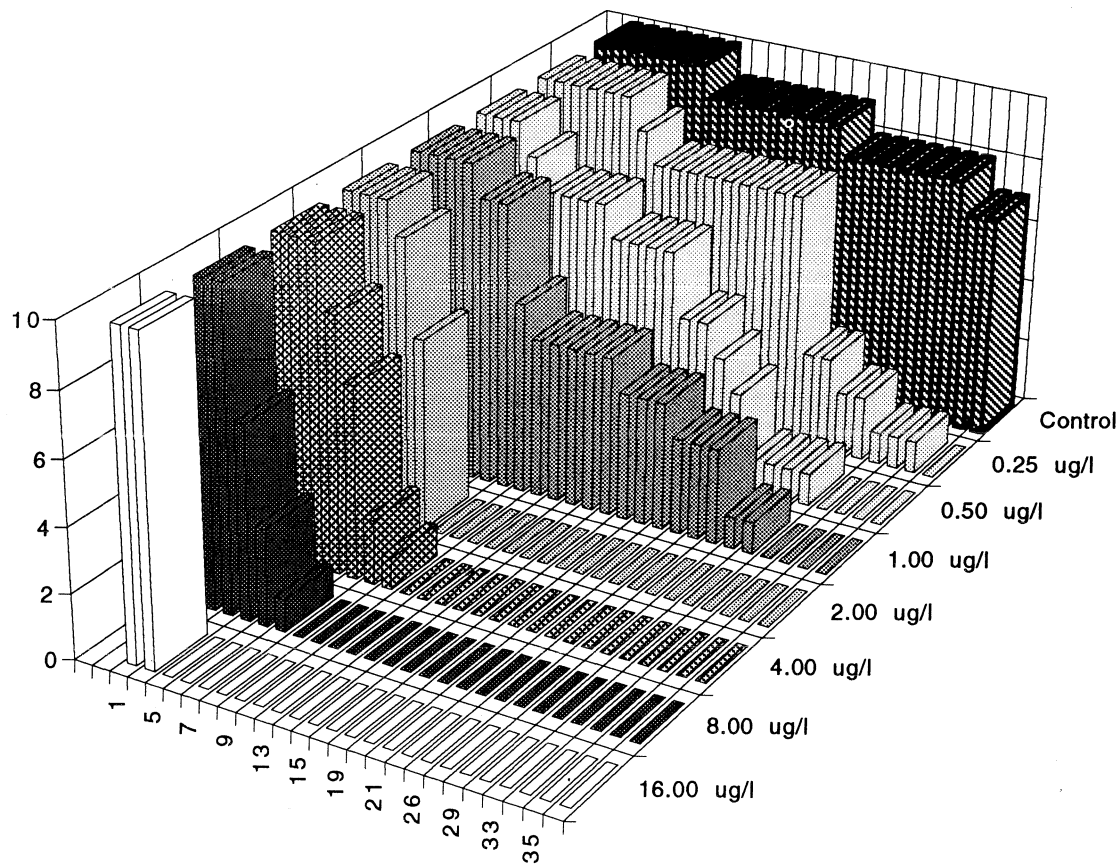


Fig. 1 - % survival of *Daphnia magna* with TBT Chloride.

the water where control daphnids lived was enough for their survival, but it depressed the reproduction.

On test day 40 the experiment has been stopped and the mean percentage of survival at a concentration of 0.25 mg l^{-1} was 10% (control 73.50%). Fig.1 shows the percentage of survival of *Daphnia magna* with different concentrations of tributyltin chloride.

CONCLUSION

The results of this study demonstrate that tributyltin chloride is highly toxic to *Daphnia magna*.

Infact, in acute test 24h IC 50 was 12.5 mg l^{-1} , while in chronic test, for instance, the concentration of 8 mg l^{-1} determined, after a week, a mortality of 95%; after two weeks IC 50 was 1 mg l^{-1} and after three weeks it was 0.25 mg l^{-1} .

The results of these chronic toxicity tests show that TBT is a slow-acting toxic compound, and tests based on short duration failed to indicate these effects (3). Regarding reproduction of daphnids, it seems that very low concentrations of TBT stimulate such reproduction.

REFERENCES

1. MAGUIRE R. J., 1984 - *Butyltin compounds and inorganic tin in sediments in Ontario*. Environ. Sci. Technol. 18, 291 - 294.
2. CLARK E. A., STERRITT R. M. & LESTER J. N., 1988 - *The fate of tributyltin in the aquatic environment*. Environ. Sci. Technol., 22 (6), 600-603.
3. BUSHONG S. J., HALL L. W. JR., HALL W. S., JOHNSON W. E. & HERMAN R. L., 1988 - *Acute toxicity of tributyltin to selected Chesapeake Bay fish and invertebrates*. Water Res. 8, 1027-1032.
4. WALDOCK M. J., WAITE M. E. & THAIN J. E., 1988 - *Inputs of TBT to the marine environment from shipping activity in the U.K.* Environmental Technology Letters 9, 999-1010.
5. KRONE C. A., BROWN D. W., BURROW G., BOGAN R. G., CHAN S. & VARANASI U., 1989 - *A method for analysis of butyltin species and measurement of butyltins in sediments and english sole livers from Puget Sound*, Marine Environment Research 27: 1-18.
6. WADE T. L., GARCIA-ROMERO B. & BROOKS M., 1990 - *Butyltins in sediments and bivalves from US coastal areas*. Chemosphere 20 (6): 647-662.

7. EPA Ambient Water Quality Criteria for Tributyltin. United States Environmental Protection Agency. Office of Water and Standard Criteria Division. Washington DC 20460. Draft 6/16/88.
8. ISO Water quality - Determination of the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea). International Standard 6341 E. (1982).
9. HALL L. W. JR. & PINKNEY A. E., 1985 - Acute and sublethal effects of organotin compounds on aquatic biota: An interpretative literature evaluation. Crit. Rev. Toxicol. 14, 159-209.
10. LAUGHLIN R. B. JR. & LINDEN O., 1985 - Fate and effects of organotin compounds. Ambio 14, 88-94.
11. LAUGHLIN R. B. JR., JOHANNESSEN R. B., FRENCH W., GUARD H. E. & BRINCKMAN F. E., 1985 - Structure-activity relationships for organotin compounds. Environ. Toxicol. Chem. 4: 343-351.
12. CORBIN H. B., 1976 - The solubilities of bis (tributyltin) oxide (TBTO), tributyltin fluoride (TBTF), triphenyltin hydroxide (TPTH), triphenyltin fluoride (TPTF), and tricyclohexyltin hydroxide (TCTH) in water as functions of temperature and pH value. Research and Development Technical Memorandum R-1145-M. M & T Chemical Inc. , Rahway, N. J.
13. MAGUIRE R. J., CAREY J. H. & HALE E. J., 1983a - Degradation of the tri-n-butyltin species in water. J. Agric. Food Chem. 31, 1060.
14. MAGUIRE R. J. & TKACZ R. J., 1983b - Analysis of butyltin compounds by gas chromatography. Comparison of flame photometric and atomic absorption spectrophotometric detectors. J. Chromatogr. 268, 99-101.
15. HALL L. W. JR., 1988 - Tributyltin environmental studies in Chesapeake Bay. Marine Pollution Bulletin 19, 431-438.
16. BAUDOUIN M. F. & SCOPPA P., 1974 - Acute toxicity of various metals to fresh water zooplankton. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 12, 745-751.
17. CANTON J. H., GREVE P. A., SLOOF W. & VAN ESCH G. J., 1975 - Toxicity, accumulation and elimination studies of hexachloro-cyclohexane (HCH) with fresh water organisms of different trophic levels. Water Res.. 9, 1163-1169.
18. PELTIER W. H. & WEBER C. I., 1985 - Methods for measuring the acute toxicity of effluents to freshwater and marine organisms. U.S. Environmental Protection Agency EPA A/600/A85/013, Environ. Monitoring Support Laborat Cincinnati, Ohio.
19. LEWIS P. A. & HORNING W. B. II, 1991 - Differences in acute toxicity test results of three reference toxicant on *Daphnia* at two temperatures. Environmental Toxicology and Chemistry 10, 1351-1357.
20. COWGILL U. M., 1987 - Critical analysis of factors affecting the sensitivity of zooplankton and the reproducibility of toxicity test results. Water Res. 21, 1453-1462.
21. ADEMA D. M. M., 1978 - *Daphnia magna* as a test animal in acute and chronic toxicity test. Hydrobiologia 59, 125-134.
22. HALL L. T. JR., BUSHONG S. J., HALL W. S. & JOHNSON W. E., 1988 - Acute and chronic effects of tributyltin on a Chesapeake Bay copepod. Environmental Toxicology and Chemistry. 7, 41-46.
23. LITCHFIELD J. T. & WILCOXON F., 1949 - A simplified method of evaluating dose-effects experiments. J. Pharmacol. Exp. Ther. 96, 99-113.
24. VIGHI M. & CALAMARI D., 1985 - QSARs for organotin compound on *Daphnia magna*. Chemosphere 14, 1925-1932.

ABSTRACT - Acute and Chronic Effects of Tributyltin Chloride on *Daphnia magna* (Straus).

Organotin compounds are the new environmental pollutants due to the their several uses, especially in anti-fouling paints. They can accumulate in sediments and represent an hazard for the biota. Tributyltin chloride (TBT.Cl) has been tested with *Daphnia magna* in acute and chronic bioassays. The results demonstrated that the TBT.Cl is highly toxic to the *Daphnia*. IC₅₀ (24 h) was 12.5 mg/l, IC₅₀ (1 week) was 8 mg/l, IC₅₀ (2 weeks), 1 mg/l and IC₅₀ (3 weeks) 0.25 mg/l. Chronic tests demonstrated TBT is a slow-acting toxic.

RIASSUNTO - Effetti acuti e cronici del cloruro di Tributilstano sulla *Daphnia magna* (Straus).

I derivati organici dello stagno sono oggi un nuovo problema ambientale per l'uso sempre più frequente che se ne fa, in particolare nelle pitture marine anti fouling. Il cloruro di stagno tributile è stato saggiato mediante bioassay acuto e cronico con *Daphnia magna*. I risultati hanno mostrato che esso è assai tossico per la *Daphnia*. L'IC₅₀ (24 ore) fu di 12.5 mg/l, l'IC₅₀ (1 settimana) fu di 8 mg/l, l'IC₅₀ (2 settimane) di 1 mg/l e quello di 3 settimane di 0.25 mg/l. Tests cronici hanno inoltre dimostrato che il TBT è un tossico a lenta azione.

PAOLA MIANA, ADRIANA ANDREATTA, GUIDO PERIN & PIETRO TRAVERSO

AZIONE TOSSICA DELL'ACQUA INTERSTIZIALE DEI SEDIMENTI DELLA LAGUNA DI VENEZIA SULLA DIATOMEA MARINA *SKELETONEMA COSTATUM*

PREMESSE

L'azione tossica esercitata dai sedimenti marini, estuarini e fluviali è recentemente nell'occhio del ciclone poiché è stato chiaramente definito che il sedimento in equilibrio con il mezzo in cui è a contatto, rilascia, secondo cinetiche specifiche, quantità non indifferenti di tossici. Il problema principale è codificare i processi di rilascio ed i parametri che governano le rispettive cinetiche.

Un ruolo importante gioca in tali processi l'acqua interstiziale ossia la prima «interfaccia» tra il granulo del sedimento e l'acqua del sistema acqua che, ovviamente, avrà il massimo di concentrazione dei prodotti di rilascio del sedimento non adsorbiti con legami molto forti alla matrice sedimentale.

Molti animali bentonici, come è noto, sono detritus feeders e come tali ingurgitano le micelle sedimentali; appare quindi assai importante conoscere il ruolo dell'acqua interstiziale ai fini dell'accumulo di tossici negli organismi bentonici e individuare un metodo semplice che permetta di definire un criterio di tossicità per i sedimenti attraverso l'esame dell'acqua interstiziale.

L'uso di algal bioassay per valutare la tossicità o la stimolazione è diventato pratica consueta in ecotossicologia (PERIN, 1982; DE MARCO *et al.*, 1984, 1985; PERIN *et al.*, 1985, 1989) poiché il test si è rivelato di facile realizzazione e di buona significatività fornendo non solo dati di subletalità e di letalità ma anche la eventuale stimolazione che si verifica per molti tossici a livello di bassissime concentrazioni (PERIN, 1982).

In laguna di Venezia una Diatomea presente in grosse quantità è la *Skeletonema costatum* (VOLTOLINA, 1973) che si presta bene a colture in laboratorio e che dimostra una buona risposta ai fenomeni tossici. Ancora è facilmente «leggibile» al microscopio sia per quanto concerne il conteggio che per quanto riguarda la verifica di modifiche della sua morfologia. La *Skeletonema* è stata, inoltre, utilizzata in molti tests di bioassay con buoni risultati (BEERLAND, 1977; COWGILL, 1989; RIVKIN, 1979; EBERLEIN, 1983).

In laguna di Venezia sono stati notati (SOCAL, 1987, 1988) alcuni fenomeni di inibizione, da parte di composti chimici finora ignoti, dei processi fotosintetici con riduzione o scomparsa del ciclo nictemerale dell'ossigeno. In merito a tali fenomeni sono in corso ricerche sulla caratterizzazione chimica in Spettrometri di Massa per individuare il tipo di composti presenti nell'acqua lagunare atti ad inibire il processo fotosintetico del fitoplancton (PERIN & TRAVERSO, 1990).

Per avere una indicazione sul ruolo dell'acqua interstiziale in fenomeni come quelli sovradescritti si è valutata la risposta della Diatomea *Skeletonema costatum*, presente nella laguna, e caratterizzata da un'accrescimento molto più rapido e da una sensibilità più elevata di altre alghe, in particolare macrofitte (*Ulva lactuca*), mediante bioassay su specie controllate e coltivate nei nostri laboratori.

MATERIALI E METODI

I campioni di sedimento provenienti da 9 punti di campionamento nella zona antistante la zona della Giudecca della laguna di Venezia (Fig. 1), sono stati centrifugati a circa 8000 r.p.m. per 45 minuti a 20° C per estrarre l'acqua interstiziale. Il surnatante è stato poi filtrato con filtri di cellulosa MFS di diametro di 25 mm e di porosità di 0.45 μ m. (GIESEY *et al.*, 1998).

L'acqua interstiziale è stata mantenuta a 4 °C fino al momento dell'uso per il test ed aerata poco prima dell'inizio di tale test.

È stato misurato il pH iniziale e quello finale dei campioni. Il pH iniziale è stato corretto, quando necessario con una soluzione di HCl 0.1 N in modo da ottenere un pH compreso tra 7.9 e 8.1. È stata usata una coltura dell'alga unicellulare marina *Skeletonema costatum*. Tali colture axeniche sono state fatte crescere in beute da 250 ml contenenti 200 ml di terreno di coltura, incubate a 20+/-1 °C ad una intensità luminosa di circa 4000 lux di luce bianca fluorescente con fotoperiodo di 16h luce e 8h buio.

I campioni di acqua interstiziale sono stati inoculati con 5-8 10^5 cellule di tale alga; le colture sono state mantenute alle condizioni di luce

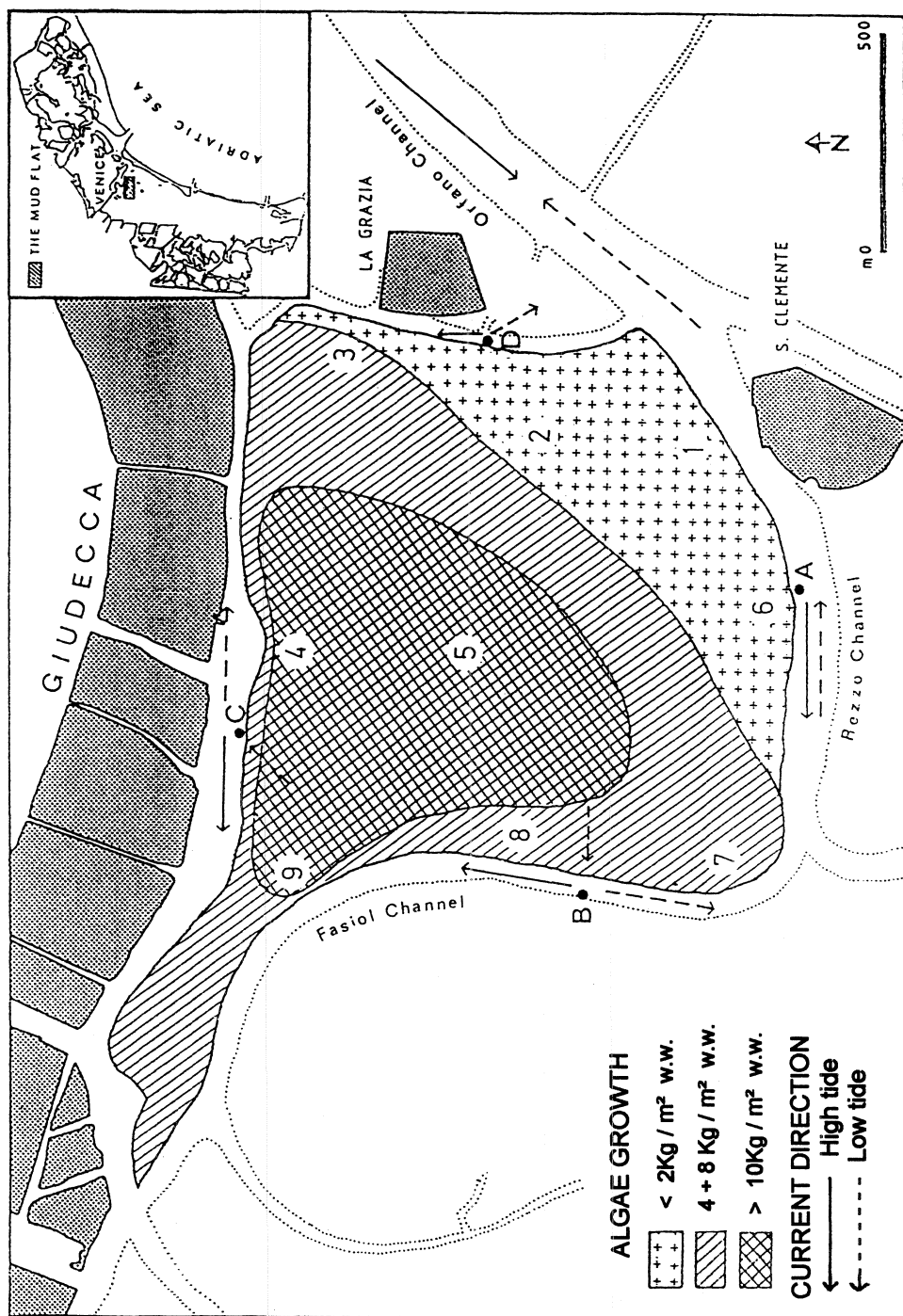


Fig. 1 - Localizzazione dell'area di studio.

e temperatura precedentemente descritte ed i campioni sono stati testati tal quali e con diluizione 1:5. Le diluizioni sono state effettuate con una soluzione di acqua bidistillata e sale marino per coltura in concentrazione del 33‰ per non alterare l'equilibrio osmotico culturale.

Il test è stato seguito per 10 giorni, sia per i campioni tal quali che per quelli diluiti; l'accrescimento algale è stato verificato giornalmente attraverso il conteggio delle cellule per unità di volume. Tale conteggio è stato effettuato anche per il bianco di riferimento, rappresentato dal terreno di coltura, e per la soluzione di acqua e sale marino. La densità cellulare è stata riportata come media di tre conte, effettuate al microscopio Zeiss, con camera di Buerker.

RISULTATI E CONSIDERAZIONI

Si è osservato in tutti i 9 campioni di acqua interstiziale testati (Figg. 2-10) un netto effetto tossico: mentre infatti, il bianco presenta, dopo una fase iniziale di lag, una fase di crescita logaritmica, 3 dei campioni in acqua interstiziale tal quale presentano immediatamente un netto effetto tossico che impedisce il corretto sviluppo dell'alga, fino alla sua completa disaggregazione.

Si è quindi proceduto alla diluizione del campione nel rapporto di 1:5 con acqua bidistillata e sale marino per coltura al 33‰, per poter valutare il grado di tossicità dei campioni in esame. In tutti i campioni, tranne che nel campione 300, si è verificato un veloce ed intenso accrescimento algale, molto più di quello osservato nel bianco.

L'andamento dell'accrescimento è quello caratteristico di tests utilizzando colture algali in batch presentanti una fase di lag, cioè un periodo di stasi che precede l'inizio della divisione cellulare, una fase di log, cioè un periodo di crescita logaritmica durante la quale le alghe si moltiplicano in modo uniforme e costante, ed una fase stazionaria in cui la biomassa algale rimane pressoché costante. Man mano che si esaurisce il substrato, si verifica una diminuzione della biomassa dovuta al prevalere della mortalità delle alghe sulla natalità. Il campione 300 pur non presentando un accrescimento molto intenso quale presentano gli altri campioni, è comunque caratterizzato da un accrescimento analogo a quello del bianco, se non leggermente maggiore.

Si ritiene che l'effetto del tossico presentato dal campione tal quale venga annullato dalla diluizione consentendo il prevalere degli effetti stimolanti dovuti all'azione di fattori di crescita evidentemente presenti nei campioni di acqua interstiziali e quindi nel sedimento.

Fig. 2 - PORE WATER STAZ. 100.

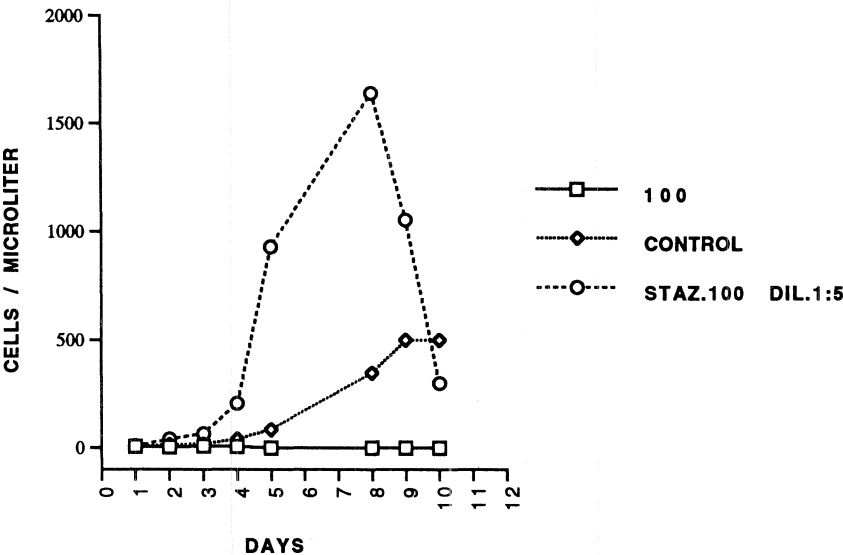


Fig. 3 - PORE WATER STAZ. 200.

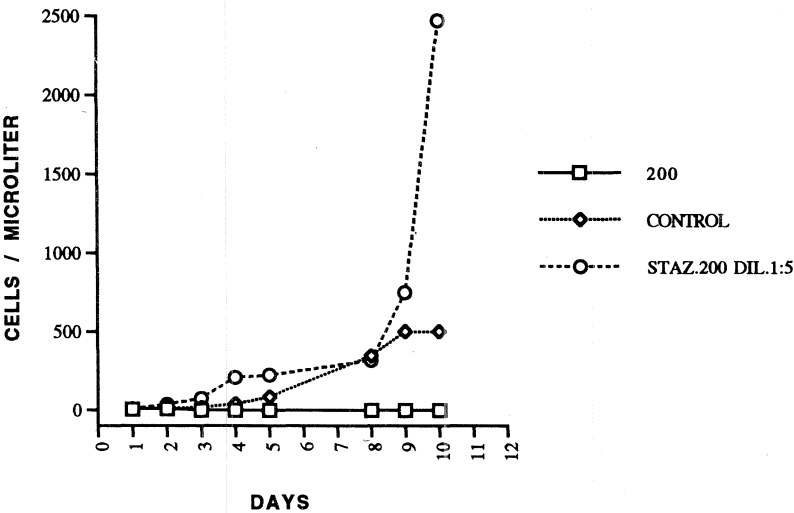


Fig. 4 - PORE WATER STAZ. 300.

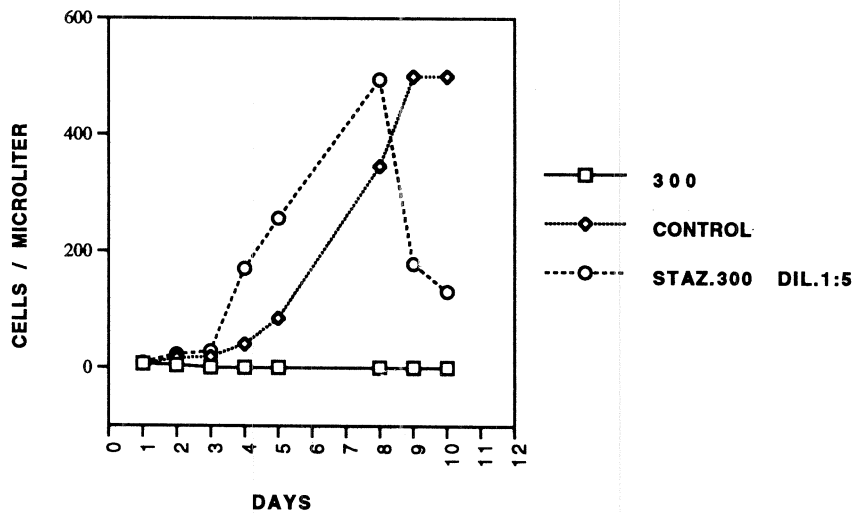


Fig. 5 - PORE WATER STAZ. 400.

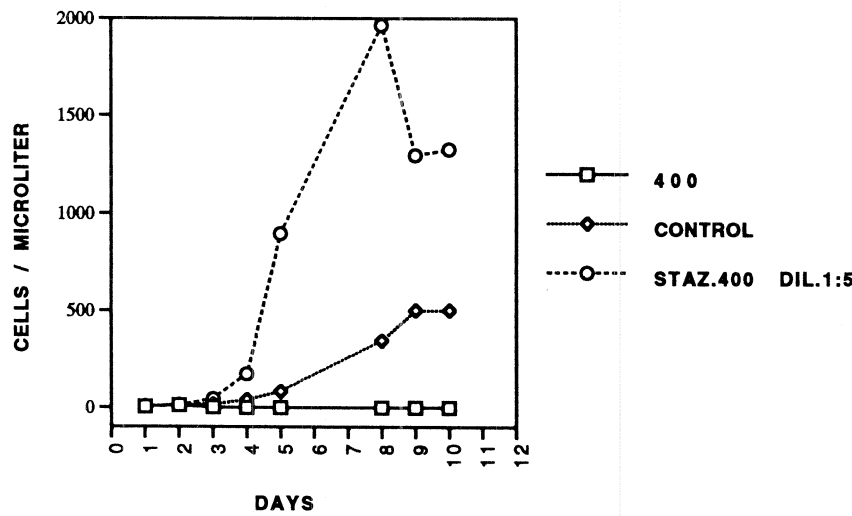


Fig. 6 - PORE WATER STAZ. 500.

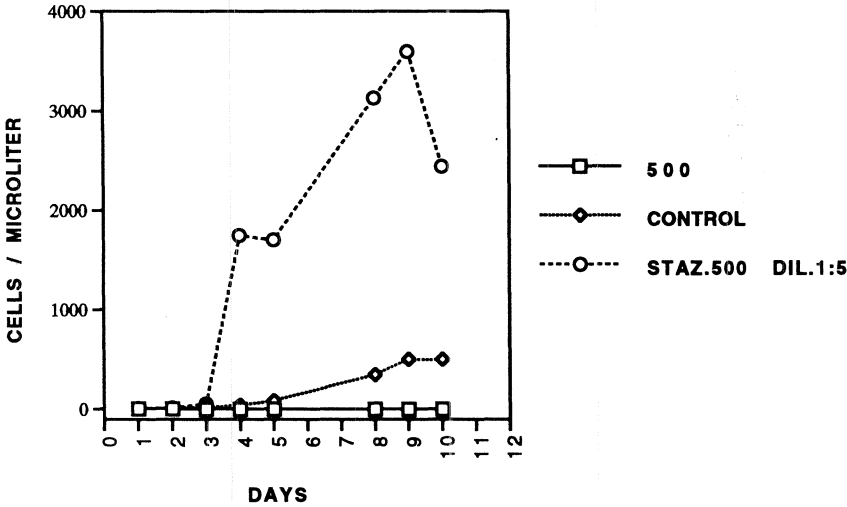


Fig. 7 - PORE WATER STAZ. 600.

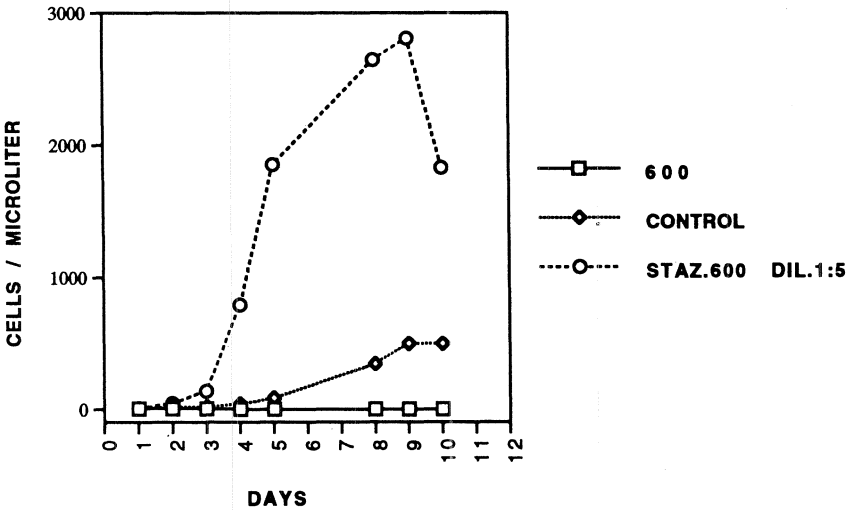


Fig. 8 - PORE WATER STAZ. 700.

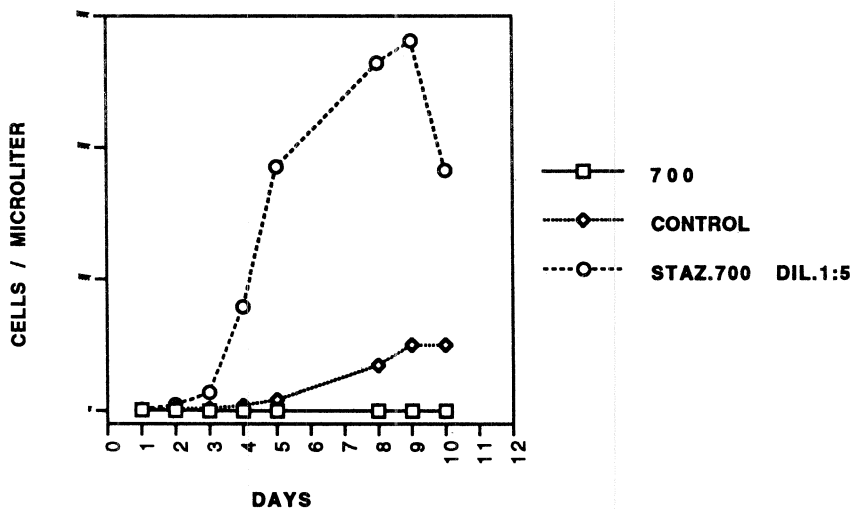


Fig. 9 - PORE WATER STAZ. 800.

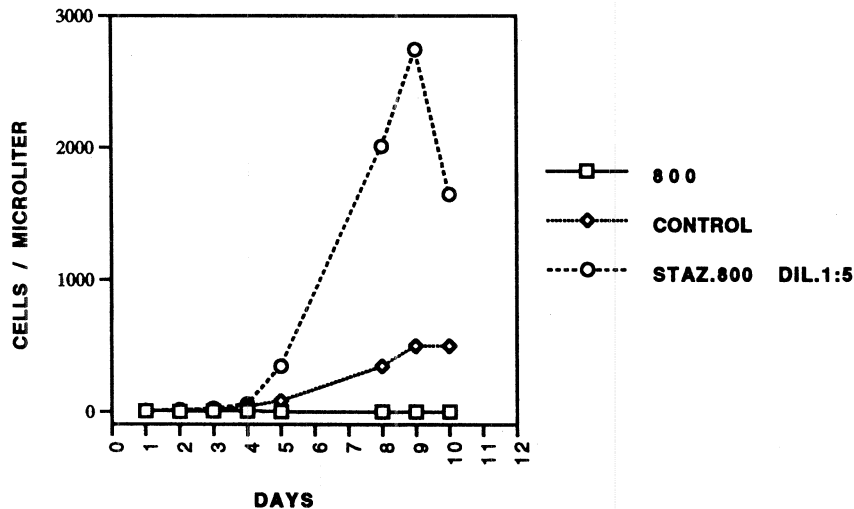
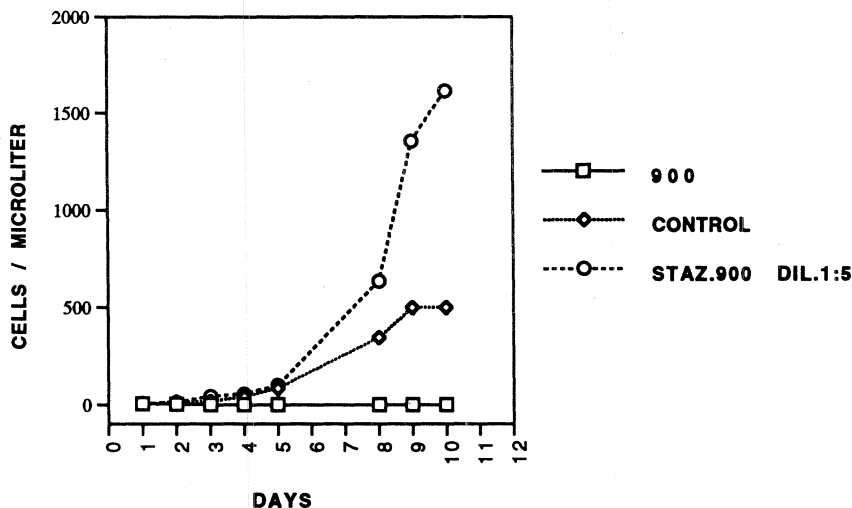


Fig. 10 - PORE WATER STAZ. 900.



BIBLIOGRAFIA

1. BEERLAND B. R., BONIN D. J., GUERIN-ANCEY O. J., KAPKOV V. I. & ARLHAC D. P., 1977 - *Action de metaux lourds a des doses subletales sur les caracteristiques de la croissance chez la diatomée Skeletonema costatum*. Marine Biology 42: 17-30
2. COWGILL U. M., MILAZZO D. P., LANDENBERGER B. D., 1989 - *Toxicity of nine benchmark chemicals to Skeletonema costatum, a marine diatom*. Envir. Toxicol. and Chem. 8: 451-455.
3. DE MARCO N., CARNIEL A., PERIN G. & ZANELLI C., 1984 - *Bioassays: prove tossicologiche su ecosistemi sperimentali*. Boll. Chim. Igien. 35: 305-316.
4. DE MARCO N., PERIN G., CARNIEL A., ZANELLI C. & POLESE F., 1985 - *Risposta differenziale in vitro di colture algali a metalli pesanti contenuti nei fanghi industriali*. Atti Conv. V Conv. Interr. Tre Venezie «Biologia per l'ambiente e per l'uomo» - Udine 27-28 Aprile 1985.
5. EBERLEIN K., BROCKMANN U. H., HAMMER K. D., KATTNER G. & LAAKE M., 1983 - *Total dissolved carbohydrates in an enclosure experiment with unialgal Skeletonema costatum culture*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 14: 45-58.
6. GIESEY J. P. et al., 1988 - *Comparison of three sediment bioassay methods using Detroit River sediments*. Environ. Tox. Chemistry 7: 483-498.
7. PERIN G., 1982 - *Impatto ambientale da rifiuti solidi industriali*. Difesa Ambiente - Suppl. 3: 24-33.

8. PERIN G., DE MARCO N. & CARNIEL A., 1985 - *Ricerche sulla tossicità dei percolati da fanghi industriali tossici inertizzati con tecniche di litosintesi*. Atti Conv. V Conv. Interr. Tre Venezie «Biologia per l'ambiente e per l'uomo» - Udine 27-28 Aprile 1985.
9. PERIN G. & TRAVERSO P., 1990 - *Ricerche sui fenomeni tossici in Laguna di Venezia: ricerca in GC e CG/MS dei composti chimici inibenti il ciclo nictemerale dell'Ossigeno*. Dati non pubblicati - Research on Progress.
10. PERIN G., TRAVERSO P., DE MARCO N., MUNARI M. & MARCUZZI M., 1989 - *Algal Bioassay as Screening and Biomonitoring Test for Environmental Risk Assessment of Industrial Solid Wastes and Sludges*. Proc. V Int. Conf. «Rifiuti Solidi, Fanghi e Materiali Residui: rilevamento, Tecnologia, Gestione, Politica Ambientale» - Roma 26/29 Apr. 1989.
11. RIVKIN R. B., 1979 - *Effects of Lead on Growth of the Marine Diatom Skeletonema costatum*. Marine Biology 50: 239-247.
12. SOCAL G., 1987 - *Evoluzione dei bloom fitoplanctonici nel bacino centrale della laguna veneta*, Relazione finale convenzione C.N.R. Istituto di Biologia del mare - E.N.E.L.
13. SOCAL G., 1988 - *Studio sulle anomalie dei cicli nictemerali dell'ossigeno disciolto esistenti nell'area del canale Malamocco-Marghera antistante la seconda zona industriale*. Relazione finale Convenzione C.N.R. Istituto di Biologia del mare - E.N.E.L.
14. STEIN J. R., 1986 - *Culture methods and growth measurements*. Handbook of phycollogical methods. Cambridge University Press.
15. VOLTOLINA D., 1973 - *A phytoplankton bloom in the lagoon of Venice*. Arch. Ocean. Limnol. 18: 19-37.

RIASSUNTO - Azione tossica dell'acqua interstiziale dei sedimenti della laguna di Venezia sulla Diatomea marina *Skeletonema costatum*.

Un ruolo importante nei processi di riciclo dei tossici ambientali è giocato dall'acqua interstiziale ossia dalla prima «interfaccia» tra il granulo del sedimento e l'acqua che, ovviamente, avrà il massimo di concentrazione dei prodotti di rilascio del sedimento. In laguna di Venezia una Diatomea presente in grosse quantità è la *Skeletonema costatum* che si presta bene a culture in laboratorio e che dimostra una buona risposta ai fenomeni tossici. Per avere una indicazione sul ruolo dell'acqua interstiziale in fenomeni come quelli sovradescritti si è valutata la risposta della Diatomea *Skeletonema costatum*, all'acqua interstiziale tal quale di sedimenti di una zona caratteristica (Giudecca) della laguna di Venezia. Si è osservato in tutte le 9 stazioni testate, un netto effetto tossico che impedisce il corretto sviluppo dell'alga, fino alla sua completa disgregazione. La diluizione dell'estratto di acqua interstiziale in rapporto 1:5 con acqua bidistillata e sale marino per coltura al 33% ha mostrato per tutte le stazioni, ad eccezione della 300, un effetto deciso di stimolazione alla crescita rispetto alla coltura di riferimento.

ABSTRACT - Toxic effects of interstitial water from the sediments of the Venice lagoon on the Marine diatom *Skeletonema costatum*.

Pore waters from 9 sampling stations in a specific area of the Venice lagoon have been extracted from surface sediment samples. The extracts have been tested with *Skeletonema costatum*, a typical salt water diatom of the lagoon. The pore waters showed a very high growth inhibition effect which decreases with dilution. At the dilution of 1:5 the pore water shows, instead, a very stimulating effect.

MARCANTONIO BRAGADIN

A NEW «IN VITRO» TEST FOR SELECTIVE MONITORING OF PHENOLS IN WATER

INTRODUCTION

In this paper we report preliminary results concerning a method for selective monitoring of phenols in water. The method is a measure of proton permeability in biological membranes (mitochondria from rat liver). Biological membranes have a very low permeability to the protons. Uncouplers of oxidative phosphorylation (generally phenols) enhance this permeability and their presence in water is therefore easily detected.

MATERIALS AND METHOD

Rat liver mitochondria were prepared according to standard methods.

Proton permeability measurements were performed following the enhancement of potassium concentration in the medium by means of a potassium selective electrode thermostatically kept at 25 °C in a glass vessel with a magnetic stirring. The recording apparatus was a Radiometer pHmeter connected to a Texas recorder.

Medium composition: Sucrose 0,25 M, 10 mM tris buffer, pH 7,4, 2 mM Mg^{++} , 2 μM Rotenone and 1 mM EGTA. Mitochondrial concentration: 1 mg/ml of protein.

RESULT AND DISCUSSION

Mitochondria contain in the matrix about 100 mM potassium and the membrane is not permeable to potassium and to the protons. If non respiring mitochondria are resuspended in a potassium-free medium, an outward flow of potassium is observed and monitored by a potassium selective electrode, providing that Valinomycin which is the potassium carrier is present, and that a positive ion (a proton in this case since the presence of EGTA in the medium avoids the transport of endogenous Calcium) enters into the matrix. If, as in the experiment of fig. 1, Valinomycin is added in excess (120 ng/mg of protein), the limiting step of the whole mechanism is the rate of proton transport through the membrane. The rate of proton influx (or of potassium efflux) is proportional to the concentration of phenol, since this compound enhance the proton conductivity. The selective presence of Phenols is therefore monitors. For each Phenol it is possible to measure the EC_{50} dose: i.e. the concentration of Phenol necessary to reduce by 50% the maximal rate of proton influx.

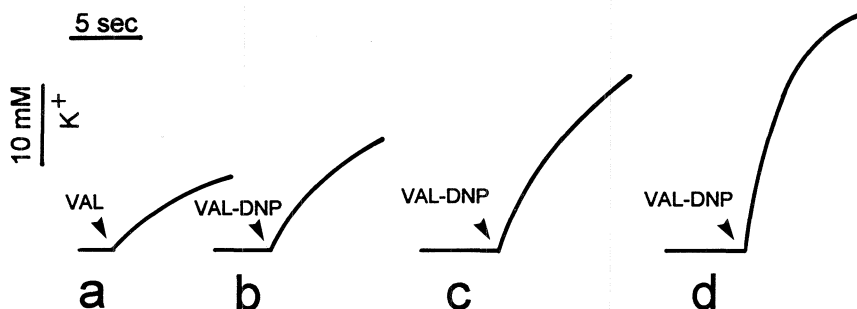


Fig. 1 - Potassium efflux at increasing amounts of DNP. The experiment was started by the addition of Val-DNP. Trace a: no added DNP. Trace b, DNP 0,005 mM, trace c, DNP 0,01 mM, trace d, DNP 0,03 mM.

We found: for 4,6-Dinitrocresol $EC_{50} = 630$ ppb. For m-Cresol $EC_{50} = 100.000$ ppb. For Pentachlorophenol $EC_{50} = 100$. For 2,3,4,6-Tetrachlorophenol $EC_{50} = 316$. For 2,3,5-Trichlorophenol $EC_{50} = 706$. For 2,4-Dinitrochlorophenol $EC_{50} = 1500$.

Since the enhancement of membrane conductivity is additive, the method also allows to measure the toxicity in water due only to the presence of Phenols. A degree of toxicity to phenols can therefore be defined. Its scale ranges from zero (absence of Phenols and no permeability) to 100% (maximal stimulation of protons transport).

REFERENCES

MASSARI I. S., BALBONI E. & AZZONE G. F., 1972 - *Distribution of permeant cations in rat liver mitochondria under steady-state conditions*. Biochimica et Biophysica Acta, 283, 16-22.

ABSTRACT - A New «in vitro» Test for Selective Monitoring of Phenols in Water.

Preliminary results about a new method for phenol selective monitoring in water is presented. The method is based on the enhancement of the permeability of a biological membrane (of mitochondria) in presence of phenols.

RIASSUNTO - Un nuovo test «in vitro» per il monitoraggio selettivo dei fenoli in acqua.

Vengono riportati i primi risultati dell'applicazione di un nuovo test di modifica della permeabilità di membrane mitocondriali in presenza di fenoli in soluzione acquosa. Questi agiscono da disaccoppianti, in particolari condizioni, della fosforilazione ossidativa consentendo il rilevamento dei fenoli direttamente con un sistema elettrodico.

PRESENTATION

This section is dedicated to the contributes given by the Trentino Region in the history of the public health. Obviously it has a more significant interest for the locals rather than for a wider audience despite of the fact that the development of a public health culture, beginning formerly in the 1400, represent a very important social fact which highlighted the middle-age life conditions in the Trentino. In the 14th century , indeed, the first Hospital, named S. Maria Elisabetta, and builtd by William of Castelbarco, was settled in Rovereto. But, also, in the whole Trentino Region we can find in that time a development of public health services which are the cultural basis of the new Servizio Sanitario Provinciale.

Due to the local interest of the presented papers of the 3rd Session, the textes have been written only in italian and we apologize with our non italian readers, being sure of their understanding. If necessary we will supply an english translation to all our readers who will request it.

THE EDITORS

SESSIONE III

LA SANITÀ NEL TRENTINO IERI ED OGGI

SECTION III

**PUBLIC HEALTH SERVICES IN TRENTINO REGION
IN THE PAST AND TODAY**

EMANUELA RENZETTI

AMBIENTE, ALIMENTAZIONE E SALUTE NELLE VALLI GIUDICARIE ALL'INIZIO DELL'OTTOCENTO

Posto all'interno della sessione che si occupa della sanità in Trentino ieri, questo mio intervento cercherà di fissare in modo schematico quali criteri fossero adottati, nel secolo scorso, da parte degli organi di governo, per sorvegliare e migliorare le condizioni di vita e lo stato di salute delle popolazioni locali e cercherà altresì di tratteggiare per una specifica realtà rurale quali apparissero agli occhi di un medico i più significativi fattori di rischio (se mi è consentito di utilizzare un termine davvero non comune nell'800) per la sanità pubblica.

Già dal diciottesimo secolo, in tutta Europa e tardivamente anche in Trentino, profonde trasformazioni investono l'arte del buon governo ⁽¹⁾.

Questa presuppone da un lato un'approfondita conoscenza delle abitudini, delle costumanze e delle situazioni reali che la popolazione vive e, dall'altro, un articolato sistema d'intervento capace di modificare quanto sia disfunzionale ad un organico sviluppo della società.

In questa rinnovata concezione, lo spazio riservato alla salute pubblica occupa progressivamente ambiti più estesi e, numerose riforme supportano la volontà politica di perseguire una crescita numerica della popolazione, limitando la mortalità (cercando cioè di arginare le cause di malattia e di morte), costruendo un efficace sistema di prevenzione e, infine, organizzando e migliorando l'assistenza ⁽²⁾.

Questi obiettivi divengono realizzabili dal momento in cui la preparazione della classe medica e il progresso scientifico supportano efficacemente le finalità dei governi e, per quanto concerne questo territo-

rio, ciò avviene proprio a partire dall'Ottocento. Appena superato il decennio d'esordio di questo secolo, infatti, e con esso il periodo di maggiore instabilità mai ricordato, il Trentino, sotto le direttive della casa d'Austria, conoscerà l'applicazione di tutte le norme che altrove nell'Impero sono già state collaudate e che vanno raggruppate nel settore di attività della polizia medica ⁽³⁾.

In città, soprattutto, ma anche in zone rurali, l'aria e l'acqua e le abitazioni dovrebbero rispondere a precisi requisiti e lo sforzo sarà proprio quello di correggere le abitudini o eliminare gli abusi che provocano - noi diremmo - l'inquinamento di tali elementi e rendono insana l'esistenza. Accanto a queste macroscopiche urgenze, altri settori attirano per la loro nocività, forse meno palese ma di certo non trascurabile, sono ad esempio, quello alimentare, quello farmaceutico e, più ancora, quello del commercio girovago che troppo spesso miete vittime tra cittadini e rustici con lo spaccio di vivande, preparati e ciarlataneschi rimedi non controllati ⁽⁴⁾.

Non ultimi tra i crucci dei preposti alla tutela della salute pubblica sono quei comportamenti giudicati erronei che si annidano in ogni famiglia e che danneggiano soprattutto la prole e in special modo i neonati ⁽⁵⁾.

Appare chiaro anche da questi brevissimi cenni che attuare una vigile sorveglianza, modificare strutturalmente o culturalmente agendo in ambiti correlati ma così estesi, presuppone una capacità capillare di valutazione delle esigenze, un'altrettanto capillare applicazione delle norme e un controllo dell'efficacia periodica che solo un ben attrezzato staff medico può realizzare. Igiene, prevenzione, profilassi, sono termini che ricorrono sempre più frequentemente negli scritti teorici dei medici dell'800 ma che compaiono assai spesso, man mano che ci si inoltra nella metà del secolo, anche nei rapporti stilati dai medici circolari di tutti i distretti del Trentino ⁽⁶⁾.

Questi rapporti che dovevano essere compilati ogni quattro mesi costituivano una efficacissima tecnica di rilevazione dei dati e consentivano di mettere a punto analisi statistiche, previsioni e strategie di intervento. Essi rappresentano una fonte eccellente per chi voglia studiare la diffusione di malattie, le terapie, gli esiti di cura e molto altro ancora, soprattutto sul terreno dell'incontro-scontro tra sapere empirico e sapere ufficiale, ma documentano per altro assai bene anche il modello di salute e il livello di efficienza che il governo centrale ha in mente e vuole raggiungere attraverso i suoi funzionari ⁽⁷⁾.

Infine, questi rapporti sono assai interessanti perché propongono, miniaturizzandola ma lasciandola assolutamente intatta, la logica che sostiene

le topografie mediche ossia la connessione ambiente-salute, ma sarebbe meglio dire ambiente-malattia, che spinge a correlare le più comuni malattie alle condizioni geografico-ambientali e climatico-igieniche ⁽⁸⁾.

L'idea base di questo tipo di fonte è comunque assai più antica, già il padre della medicina, Ippocrate, sottolineava gli effetti delle condizioni locali sui pazienti e dopo un lungo oblio si deve attribuire certamente anche agli sviluppi della scienza medica e non solo alle circostanze di ordine politico la ripresa di questa linea interpretativa.

Era stato Leibnitz, alla metà del XVII secolo, a proporre per primo un questionario di circa 60 domande su ambiente, igiene e malattie che potesse essere utilizzato come fonte statistica e anche se i suoi quesiti non ebbero risposte immediate, entrarono poi, nella struttura della topografia medica e in quella dei rapporti sopra citati ⁽⁹⁾.

Un manoscritto anonimo conservato presso la Biblioteca Civica di Trento, è un esempio di breve topografia medica esistente per il Trentino ⁽¹⁰⁾ e di questa fonte mi servirò ora per illustrare alcuni punti che mi sembrano interessanti ai fini del nostro discorso. Il manoscritto databile al 1° quarto del secolo XIX ⁽¹¹⁾ relativo al distretto di Tione, nelle Giudicarie, è così suddiviso: una prima parte in cui si descrivono i confini naturali del distretto, le valli, i monti e i fiumi che si chiude con alcune considerazioni sulle caratteristiche delle acque e su quella del suolo.

Una seconda azione che si apre con l'attenta analisi dell'esposizione al sole dell'intero territorio nell'arco dell'anno, prosegue con quella delle temperature, delle precipitazioni e dei venti e termina con l'esame dell'andamento stagionale.

La terza parte comprende l'esame della superficie del Distretto suddivisa per altitudine e colture, l'elencazione delle specie del regno vegetale, l'enumerazione dei prodotti del suolo e delle entrate e delle uscite, nonché l'elenco dei prodotti animali e minerali ivi presenti e riportati nella farmacopea.

La quarta sezione è dedicata alla descrizione della popolazione e la quinta allo stato di salute: in essa spicca il discorso sul temperamento, generalmente flemmatico sanguineo, messo in relazione agli influssi climatici e atmosferici (le valli strette, la luce riflessa, la temperatura, la qualità dei venti dominanti) e ancora in relazione alla vita produttiva e al vitto vegetale. Inoltre, l'anonimo estensore affronta, in questa stessa sezione, il tema della cultura, della religiosità e della morale, riservando una dissertazione finale alla durata media della vita e all'andamento delle nascite.

La sesta parte è occupata dall'analisi dello stato morbosio e la settima ed ultima da quella dello stato sanitario.

Alcuni fogli del manoscritto si impongono all'attenzione del lettore per la puntuale e attenta osservazione e per la capacità analitica che il medico, trasformatosi in geografo e meteorologo, dimostra nel descrivere l'ambiente; queste stesse prerogative dell'estensore illustrano, d'altro canto assai bene, quanto interesse assuma agli occhi del funzionario governativo e, dunque, del governo stesso, la perfetta conoscenza del territorio e di ogni sua caratteristica. Le dettagliate descrizioni delle condizioni ambientali dunque, sono inframezzate dalle riflessioni che «in rispetto sanitario» il medico compie sia indicando aspetti di ineluttabile disagio per la popolazione, sia individuando vantaggi rispetto alla vita che si conduce in città, sia segnalando possibili ambiti di intervento.

Spigolando dalle pagine della topografia qualche brano, tenterò ora di evidenziare ciascuna di queste angolature privilegiando però costantemente la relazione ambiente-salute che, come si avrà modo di osservare, non è certo univoca.

Fin dall'iniziale descrizione delle caratteristiche territoriali del distretto, l'estensore rivela una certa ponderata obiettività di giudizio che lo porta a valutare criticamente ogni caratteristica del suolo. Ecco ad esempio come si esprime a proposito delle risorse idriche: «le acque di questi torrenti, quantunque provenienti forse più dal scioglimento delle nevi, che da sotterranee fonti, sono però in generale limpide, scorrono rapide più che no su d'un letto selcioso = calcareo e non favoriscono alcun stagno; scarse son esse nella stagione d'inverno; copiose in primavera ed in estate, talvolta sorpassanti il letto in autunno, giacché il declivo dei monti lascia scorrere facilmente le acque della pioggia della stagione... Oltre a quest'acque correnti riscontransi pure anche di stagnanti in piccola quantità... che non prestano all'abitato incommode esalazioni» ⁽¹²⁾. Se il problema delle acque correnti, della loro purezza, dello straripamento e del ristagno è proposto con l'attenzione che merita, ma liquidato rapidamente, a motivo della sua non eccessiva gravità, tutt'altro spazio è dedicato alle caratteristiche del suolo che hanno influenza sul clima e sui fenomeni meteorologici. Assai dettagliata è infatti la disamina sulla luce solare, condizionata nella sua azione benefica sia dalla direzione delle valli principali, sia dall'altezza dei monti e, altrettanto estesa, è quella sui venti subordinati agli stessi fattori che influenzano la luce. Esaustivo è pure l'esame delle precipitazioni e delle temperature che non meno di altri fattori ambientali sono messi in relazione con la salubrità del distretto che, in sintesi, viene giudicato così: «Volendo mettere a calcolo la qualità asciutta del suolo..., la grande vegetazione della (sua) superficie; la quantità delle acque limpide e scorrenti... Avuto riflesso anche all'estensione dell'ombre... alla quantità e durata delle

nevi, ed in particolare a quelle cinque vette che si presentano coperte d'una perpetua neve; avuto cioè riflesso dell'immensa evaporazione favorita dalle circostanze suddette; nonmeno che alla maggior frequenza dei venti di Sud; considerata finalmente la precipitosa modificazione della luce diretta alla quale è sottoposto questo distretto egli non è difficile, come il fatto la sanziona, il predire che qui l'aria atmosferica non mancherà delle dovute proporzioni di ossigeno, azoto e carbonio, che sarà essa già molto alterata da mefitici miasmi; ma che altresì l'atmosfera risulta più o men pregna di acquei vapori e che la di lei temperatura riesce assai incostante, non solo in proporzione delle modificazioni della luce diretta ossia delle stagioni e delle varie ore del giorno, ma altresì varia nelle varie quasi infinite località» ⁽¹³⁾.

Se dunque, per un verso, la natura dei luoghi offre aria pura, acqua incontaminata, e sufficiente, anche se incostante, esposizione al sole, per l'altro, questa stessa natura favorisce sbalzi di temperatura e notevole umidità che, sommati ai dati dell'andamento stagionale, finiscono col rendere il clima non particolarmente clemente.

«Le stagioni hanno ordinariamente questo corso: in Dicembre, Gennaio, Febbraio e Marzo, il suolo è più o men coperto di neve, e ben può dirsi inverno; egli è dopo la metà di marzo, che il scioglimento delle nevi si fa assai generoso e momentaneo atteso il subitaneo dominio del sole. In Aprile e Maggio hassi la più bella primavera: la vegetazione succede qui quasi ad un tratto, universale ed assai celere; giacché il suolo preparato coll'umido del scioglimento delle nevi vien favorito con un rapido passaggio da molta luce diretta, né il predominio dei venti vernali scema la forza di questa. In Giugno, Luglio ed Agosto il caldo è assai sensibile, e si può dire d'essere in estate: la maturità dei raccolti avviene a quest'epoca con molta prontezza non affatto comune anche ai vicini distretti. Già in Settembre di frequente danneggia la brina i secondi raccolti; in Ottobre incomincian a cader le foglie degli alberi, in Novembre poi la neve copre i monti, il suolo generalmente s'agghiaccia e già siamo in autunno inoltrato per non dir al principio d'inverno... ⁽¹⁴⁾».

Ovviamente questi dati costituiscono un'ottima base di partenza per valutare le possibili manifestazioni morbose, il loro alternarsi e le stagioni in cui si ripropongono con maggior frequenza e rappresentano la griglia di lettura su cui l'ignoto estensore basa la propria medica riflessione: «Le quattro stagioni dell'anno hanno sullo stato morboso di questa popolazione un qualche influsso costituzionale, non però marcatissimo: cioè la costituzione catarrale domina a preferenza in inverno; l'infiammatoria più in primavera, la biliosa in estate, una costitu-

zione mista delle precedenti in autunno. Questa dimarcazione di morbose costituzioni non è però in ogni stagione del tutto evidente, e costante, e perciò parrebbe più consentaneo il ritenere che in Luglio e in Agosto la costituzione comune sia la biliosa, dove che negli altri mesi dell'anno una miscela di quei morbosì catarrale, infiammatorio, flemmatico, bilioso siano i dominanti» ⁽¹⁵⁾.

Sebbene sia difficile distinguere nettamente tra una prevalenza e una divisione netta, le forme morbose più comuni: le affezioni reumatiche, i catarri, i gastricismi, le febbri biliose e altre ancora ed il loro concentrarsi in determinati periodi, non fanno esitare il medico ad affermare che: «parmi non affatto difficile il riscontrare che appunto le malattie più dominanti... stanno in una consentanea corrispondenza con l'azione di quelle influenti condizioni (influssi climaterici, atmosferici e locali) e che perciò in esse devesi a preferenza riconoscere le cause disponenti ed eccitanti delle affezioni morbose» ⁽¹⁶⁾.

L'ambiente, quindi, non c'è dubbio, ha sulla salute della popolazione che vi è «esposta» e lo «sopporta», per usare termini cari all'anonimo, una non sottovalutabile influenza che si accresce notevolmente nel momento in cui si consideri che «Siccome questa superficie del suolo, poco favorita dal clima non permette né un annua continuativa occupazione per questa sproporzionata popolazione (12.000 individui) né somministrare può alla medesima un abbastanza materiale di vita, così dopo aver ritirati in famiglia i prodotti del suolo, in ottobre circa, tutti gli uomini capaci al lavoro dall'età dei 12 anni sino oltre i 60, come pure molte donne, in un complessivo numero di circa 3.000 individui partono nella varie provincie dell'Italia settentrionale e vi si trattengono in vari, vili e faticosi lavori, come nell'esercitare il mestiere di segantino, facchino, salamaio, arrotino. Le donne poi si guadagnano il vitto col filare, lavare e servire ⁽¹⁷⁾».

La «sproporzionata popolazione» non è dunque in un rapporto equilibrato rispetto alle risorse e ciò causa un'emigrazione stagionale che affonda le sue radici nella povertà della terra più che nella reale pressione demografica ⁽¹⁸⁾. Tale fenomeno, peraltro generalizzato a tutta la regione trentina, pare fosse più accentuato proprio nella parte occidentale, quella appunto in cui si trova il distretto di cui si sta parlando ⁽¹⁹⁾. Obbligati ad integrare con altre attività svolte in Italia il necessario alla sussistenza, questi laboriosi montanari lasciano periodicamente le Giudicarie e affidano, durante la propria assenza, le stalle e le case alle donne che debbono governare i figli piccoli e ai vecchi.

«Le madri intanto coi loro più teneri figli... coi vecchi attendono ai focolari nativi, tengono la cura domestica, custodiscono il proprio

bestiame ed il tempo... superstite viene da queste donne impiegato nelle stalle filando del lino, del canape o della lana» (20).

In un'economia così stentata e misera nessuno può permettersi l'ineroperosità i giovanissimi costretti ad essere produttivi quanto gli adulti partono, non senza rischi per la propria salute e suscitando quindi preoccupazioni dal punto di vista sanitario: «I maschi giunti che siano all'età dai 12 ai 14 anni vengono sottoposti ad assai dure fatiche conducendoli al travaglio di segantini e con ciò lo sviluppo viene a soffrirne... qualche diretta ed indiretta superiore disposizione che riuscisse a sottrarre questi a sì dura fatica recherebbe grande vantaggio allo sviluppo e alla salute di questa gente» (21); e le donne rimaste, come si è visto, filano anch'esse allertando, quanto meno, la curiosità del medico «questa filatura è assai copiosa e tutta per l'estero, viene essa eseguita col fuso e con la rocca umettando il filo con la saliva e, quantunque in ciò si abusi di saliva, pure non riuscì ancora di scoprire alcun danno per esso cagionato» (22).

Se il clima inclemente e il suolo non sufficientemente ricco obbligano all'emigrazione, l'emigrazione diviene a sua volta responsabile di una serie di abitudini e comportamenti che, puntualmente descritti, forniscono un quadro dettagliato delle condizioni di vita delle popolazioni rurali, e che al contempo suscitano le critiche dell'estensore perché antigienici: «Passata così la metà dell'anno, nell'aprile si presenta il suolo atto al lavoro, e qui abbandonate le arti ritorna il braccio forte dall'Italia, la donna dipana il fuso ed ecco convertita tutta questa popolazione in agricoltori e pastori sino al successivo autunno. Questa copiosa emigrazione nella stagione più rigida dell'anno è la causa principale per cui l'abitato di questi villaggi non presenta tutti i comodi e ristretto riscontrai in confronto degli abitanti... il terzo più forte della popolazione già avvezzo a passare in Italia il giorno all'aperto e la notte in qualche tugurio e per lo più sulla paglia e sul fieno, o pur anche in mezzo ai boschi militarmente sotto una mal riparata tenda e privo di letto, ma sol munito d'un sacco, nel quale nudo vi entra ed apertosi un varco sia nella paglia, nel fieno s'insinua così avvilupato e sommamente stanco ivi trova riposo (non si preoccupa minimamente né degli spazi né delle comodità)» (23).

Così la catena delle conseguenze derivate da un certo *habitat* si allunga e parallelamente si amplia la concezione di ambiente che viene ad includere la struttura del villaggio e quella abitativa nonché l'uso dei locali, l'areazione o il riscaldamento, l'illuminazione e la pulizia. «Questa gente così poco accostumata a ripararsi in autunno e in inverno dal freddo notturno e a cercar le morbide piume, tanto meno si cura di agi

nella primavera od estate ed infatti le poche stanze da letto che presentano questi abitati sono riservate ai vecchi e ai coniugi mentre i nubili e la gioventù dorme dove può in un angolo della casa, in cucina e per lo più sotto il tetto su d'un poca di paglia o di fieno. Le case sono qui costruite di muro massiccio, formato di calce, e di granito o pietra calcarea; si trovano coperte di legno e la loro architettura è la seguente: a piano terreno sono costruiti dei volti ben solidi e questi servono ad uso di stalla, di cucina, di ripostiglio pei commestibili, od anche di abitazione. Qualche sola parte poi del primo piano è ridotta ad abitazione mentre il rimanente della casa serve per la custodia del fabulo secco e per la legna. In generale, quindi, è il contadino ristrettissimo d'abitazione e di comodi d'alloggio» ⁽²⁴⁾.

Un'immagine abbastanza simile ma più ottimistica di quella trasmessaci dall'anonimo medico ed egualmente contenuta in una topografia, è quella proposta da Lupis ⁽²⁵⁾ che a proposito delle case coloniche a più riprese cita la scarsità ed eseguità delle aperture, l'irrazionale disposizione degli ambienti, il sovrapporsi delle funzioni da essi svolte, quali cause di innumerevoli malattie, anche se descrive abitazioni certamente più grandi e meglio organizzate di quanto si possa realisticamente supporre siano state quelle dei villici. Ma, a parte le possibili differenze, rimane il fatto che oltre l'esiguità degli spazi, altre abitudini o costumanze di vita appaiono ai medici decisamente contrarie a qualsiasi principio igienico. Si noti ad esempio quanto rileva il nostro anonimo: «Presso questa classe di gente è quasi ignota la stufa e ci si rapara dal freddo col soggiornare nelle stalle e nelle cucine. Il fuoco domestico viene alimentato con varia sorta di legna ma per lo più con quella di faggio. Gli ogli di noce, di lino, di papaveri sono quelli che in lucerne di ferro alimentano il lume in queste abitazioni avendosi sconosciuto quello di candela a sego. In vista sanitaria resterebbe però sempre desiderabile, che in ogni famiglia vi fosse una sana e ben apparata stanza per gli infermi a scanso di tanti inconvenienti che il medico qui purtroppo riscontra. Questa ristrettezza d'abitazione è una circostanza che poco favorisce la nettezza dell'abitato e conseguentemente la purità di quell'ambiente al che vi è connessa l'invalida generale pratica di ammucchiare accanto all'abitato il concime del proprio bestiame per solo trasportarlo sul campo in primavera» ⁽²⁶⁾.

Quest'aria o gelida per l'assenza di riscaldamento, o surriscaldata da bestie e uomini, o affumicata da fuochi privi di camino e da olii mal combustibili, o mefitica per le esalazioni del concime, certo perde l'originaria salubrità e in essa vengono vanificati i benefici effetti delle giuste proporzioni. La riprovazione del medico non è però esclusivamente di-

retta alla scarsa cura che gli spazi domestici consentono di avere per l'igiene in generale e in special modo per quella degli ammalati, bensì è rivolta anche al trattamento riservato ai neonati sia per quanto concerne il loro vestiario, sia per ciò che riguarda la loro alimentazione: «La prima fisica educazione non è qui conforme ai medici principi, tutt'ora si usano le fascie e le culle ed assai limitate sono le cure delle madri in quanto al regime dei teneri figli; la loro principale e direi esclusiva cura è quella di riempirli di cibo...» ⁽²⁷⁾.

Quale potesse essere il tanto cibo fatto ingurgitare a questi marmocchi lo si deduce facilmente considerando l'elenco delle vivande che ricorrono nella dieta di questa gente e ricordando che il costume sanzionava l'uso di allattare i neonati spesso anche per il secondo anno di vita, crescendo poi con «panate»: «Quantunque questa popolazione si trovi in possesso di lodevol copia di bestiami pure quasi esclusivamente di vegetabili essa si ciba il grano turco e il grano sarecano ridotti a polenta, la segala preparata a pane, l'orzo, i fagioli, le rape, le patate, i cavoli cotti a minestra formano il giornaliero e inalterato cibo; il latte, il formaggio, il butirro, e il lardo servono di condimento» ⁽²⁸⁾.

L'assenza ordinaria di carne, l'economia povera, le fatiche notevoli cui tutti si sottoponevano, le condizioni climatiche, abitative e igieniche dovevano produrre sulla «macchina» (così l'estensore chiama il corpo umano) della popolazione danni rilevanti che si traducevano in un tasso di mortalità tale da dimezzare gli individui nati entro il quarantesimo anno di vita. Il dato non più pesante in Giudicarie che altrove nella regione ⁽²⁹⁾, destava comunque preoccupazione, soprattutto perché la sua consistenza era notevolmente ridotta dalla cancellazione del numero dei nati-morti da dette percentuali. La mortalità peri e neonatale fa indignare l'ignoto medico, che pure deve essere avvezzo a tassi assai simili, e lo fa nuovamente reagire contro le abitudini ma anche contro le istituzioni sanitarie: «Il numero dei nati morti o prossimi al parto è vistoso e di questo devesi molto incolpare il poco riguardo delle gravide e la poca capacità delle mammane ⁽³⁰⁾».

Se, dunque, per un verso, la responsabilità di questa mortalità precoce va in buona parte imputata alle madri, donne che lavorano e non possono o non vogliono risparmiare il proprio fisico, per l'altro, va imputata ad una carenza istituzionale in quanto che sul territorio non si sono mammane ben istruite ⁽³¹⁾. Altri ancora sono però i problemi sanitari che l'estensore individua: la mancanza di un ospedale, la scarsità dei fondi pubblici diretti a vantaggio degli infermi, e l'assenza di «una benefica istituzione» ⁽³²⁾ per i pazzi, gli orfani e i figli illegittimi. A proposito di questi ultimi, tuttavia, il disagio è fortemente ridimensionato

dalla «costumatezza del distretto» che fa registrare rarissimi casi di nascite di tal genere. Considerazioni simili rientrano nella logica della topografia medica a patto di tener nel dovuto conto quanto si diceva all'inizio a proposito dell'ottica governativa. La moralità della popolazione, infatti, è inscindibile dalla sua crescita. Per crescere, un gruppo umano deve poter contare su un certo numero di matrimoni e di nascite⁽³³⁾, non meno che sulla salute e sulla longevità; se i primi due punti sono correlati in ultima analisi all'ambiente, poiché l'epoca dei matrimoni e quella dei parti è legata agli spostamenti stagionali, essi sono altresì correlati al desiderio della famiglia che nasce in queste genti da una profonda religiosità, dalla lealtà e dal rispetto della legge⁽³⁴⁾. Salute e longevità per converso, ancorché in rapporto all'ambiente, sono pure esse dipendenti dalla moralità: se si escludono le risse, gli omicidi, gli eccessi o gli stravizi si avrà, come di fatto accadeva in una popolazione in aumento nel distretto di Tione all'inizio dell'Ottocento. Sulla bilancia del medico, nell'interesse del governo, contano questi elementi quanto il benefico effetto delle vaccinazioni e il quadro di ambiente diviene fisico e insieme sociale poiché «ben regolato» si sforza di diventare lo stato per cui lo traccia.

NOTE BIBLIOGRAFICHE

(¹) Al governo non si chiede più si sorvegliare, disciplinare, sottomettere, ma di garantire la crescita e lo sviluppo della popolazione il che, rende necessario riforme pensate e gestite da tecnici che, nel campo della sanità, non potranno che essere medici. Cfr. G. PANSERI, *Il medico: note su un intellettuale scientifico italiano nell'Ottocento*, in *Storia d'Italia, Annali IV: Intellettuali e potere*, Torino, Einaudi, 1981.

(²) A proposito delle riforme attuate per migliorare la salute pubblica si veda in questo stesso volume il saggio di R. TAIANI.

(³) È questa una vera e propria disciplina che contempla ogni possibile pericolo cui è esposta la popolazione e prevede soluzioni nuove per annullare qualsiasi fattore di rischio; in essa fu maestro J. P. FRANK, *System einer vollständigen medicinischen Polizey*, 1779, sul suo spessore politico e sociale cfr. G. ROSEN, *From Medical Police to Social Medicine: Essays on the History of Health care*, New York, Scienze History Publications, 1974.

(⁴) Per il Trentino, un bel quadro degli abusi in materia è tracciato da F. BORSIERI, *Brevi riflessioni riguardo alla sanità e pubblico bene*, cfr. E. RENZETTI & R. TAIANI, *Medicina culta e medicina tradizionale: figure professionali di operatori sanitari in una fonte trentina del XVIII secolo*, in *Il Trentino del Settecento fra Sacro Romano Impero e antichi stati italiani*, Bologna, Il Mulino, 1985.

(⁵) Non si può passare sotto silenzio, a questo proposito, la notevole quantità di scritti che illustri medici dedicarono a combattere gli errori popolari, primo fra tutti

S. A. TISSOT, *Avvertimenti al popolo sopra la sua salute*, (traduzione di G. PELLEGRINI, Venezia, presso Antonio Zatta, 1766).

(6) È in questo periodo che viene effettivamente recepita la normativa di teresiana memoria riguardante il personale medico, normativa che aggiungeva all'onere di curare gli ammalati, quello di dedicarsi attivamente alla raccolta dei dati necessari alla individuazione dei provvedimenti più urgenti.

(7) Tali rapporti costituiscono ad es. una fonte ampiamente utilizzata da E. RENZETTI & R. TAIANI, *Sulla pelle del villano*, S. Michele all'Adige, Museo degli Usi e costumi della gente trentina, 1988.

(8) Cfr. J.-P. PETER, *Aux sources de la médicalisation, le regard et le mot. Le travail des topographies médicales*, in *Populations et cultures. Etudes réunies en l'honneur de François Lebrun*, Rennes, 1989.

(9) Cfr. J. BRÜGELMANN, *Observations on the Process of Medicalization in Germany, 1770-1830, Based on Medical Topographies*, in «Historical reflections» Vol. 9, 1982.

(10) Esistono ad esempio un'altra topografia relativa all'intero territorio regionale di A. FAES, *Considerazioni topografico mediche sul Trentino*, Trento, 1851 e una di F. MORONI, *Cenni topografici di Caldonazzo paese del Tirolo*, Padova, 1836.

(11) Biblioteca Civica di Trento (d'ora in avanti BCT) ms. 2161, *Cenni topografico-medici del Distretto di Tione* è una brutta copia spesso indecifrabile e assai cancellata e rielaborata, potrebbe aver costituito il materiale per una stesura da pubblicare fino ad ora incognita quanto il suo autore.

(12) BCT, ms. 2161 *Cenni...* cit. f. 17.

(13) *Ivi*, f. 14.

(14) *Ivi*, f. 15.

(15) *Ivi*, f. 35.

(16) *Ivi*, f. 36.

(17) *Ivi*, f. 34. A proposito del fenomeno migratorio cfr. C. A. CORSINI, *Le migrazioni stagionali di lavoratori nei dipartimenti italiani nel periodo Napoleonico (1810-12). Saggi di demografia storica*, serie «Ricerche empiriche n. 2», Firenze 1969.

(18) Cfr. C. GRANDI, *La popolazione rurale trentina nella prima metà dell'Ottocento: primi risultati di un'indagine*, in C. GRANDI, A. LEONARDI, I. PASTORI BASSETTO, *Popolazione, assistenza e struttura agraria nell'Ottocento trentino*, Trento, Artigianelli, 1978, p. 35.

(19) Cfr. U. CORSINI, *Per uno studio del fenomeno migratorio trentino nella prima metà del secolo XIX*, in *Atti del I Convegno Storico Trentino*, Trento, 1955.

(20) BCT, ms. 2161 *Cenni...*, cit. f. 25.

(21) *Ivi* f. 23. I danni di cui parla l'estensore riappaiono allorché si affronta l'argomento della leva militare che troppo spesso fa registrare giovani inadatti fisicamente ad espletare simile servizio (f. 46).

(22) *Ivi* f. 24.

(23) *Ivi* f. 25.

(24) *Ivi* f. 26.

(25) Cfr. G. LUPIS, *Topografia medica della città di Trento*.

(26) BCT, ms. 2161 *Cenni...* cit. f. 26.

(²⁷) *Ivi*, f. 27.

(²⁸) *Ivi*, f. 28.

(²⁹) Cfr. C. GRANDI, *La popolazione rurale...*, cit.

(³⁰) BCT, ms. 2161: *Cenni...*, cit. f. 45.

(³¹) *Ivi*, f. 43.

(³²) *Ivi*, f. 44.

(³³) *Ivi*, f. 29.

(³⁴) *Ivi*, ff. 30-31.

RODOLFO TAIANI

IL GOVERNO DELLA SANITÀ PUBBLICA NELL'EUROPA DELLA SECONDA METÀ DEL SETTECENTO: ALCUNE BREVI ANNOTAZIONI SULLE SUE PRINCIPALI LINEE GUIDA

Gli scopi fondamentali dell'azione di ogni governo dovevano essere secondo Jean Jacques Rousseau la conservazione e la prosperità dei propri amministrati.

«Qual è il fine dell'associazione politica? - si chiedeva nel suo "Contratto sociale" - La conservazione e la prosperità dei suoi membri. E quale è il segno più sicuro che essi si conservino e prosperino? Il loro numero e la loro popolazione. [...] A parità di condizioni il governo sotto il quale, senza mezzi estranei, senza naturalizzazione, senza colonie, il paese sia popolato e i cittadini si moltiplichino sempre più, è infallibilmente il migliore. Quello sotto il quale un popolo diminuisca e deperisca è il peggiore» ⁽¹⁾.

Sull'onda dei principi riaffermati dalla dottrina fisiocratica e sperimentati dal cameralismo tedesco ⁽²⁾, non solo la conservazione, ma anche l'aumento della popolazione vengono, pertanto, concordemente indicati, fin quasi a metà Ottocento e contemporaneamente al progressivo diffondersi delle teorie malthusiane ⁽³⁾, come presupposti fondamentali di ogni ulteriore crescita politica ed economica della nazione ⁽⁴⁾. È quanto sostiene, ad esempio, in un'opera pubblicata a Pavia nel 1802, forse non molto nota ma dal titolo assai significativo di «La teoria della prosperità fisica delle nazioni ne' rapporti d'economia pubblica», il me-

dico Vincenzo Ratchetti che individua proprio nella «regolare moltiplicazione della popolazione» il miglior mezzo di contribuire, più in generale, all'incremento del pubblico benessere.

«Sia dunque per fecondar la terra di copiosi frutti sia per sostenere con attività indefessa il pesante esercizio dell'arti, le fatiche del commercio, sia finalmente per difender la patria dagli attentati de' nemici interni, e stranieri, siccome richiedesi sempre ugualmente fermo vigor di salute, e robustezza di fisica costituzione; e poich   ove questa si degradi un istante, la popolazione, che forma la base dell'esistenza d'ogni stato, dee tosto di necessit   esaurirsi; quindi    provato, che la grandezza, o la forza politica delle nazioni sta annessa primariamente alla fisica prosperit   universale» ⁽⁵⁾.

Ecco spiegato, pertanto, l'augurio formulato non solo dall'autore qui ricordato, ma da pi   parti ⁽⁶⁾, di vedere quanto prima realizzato un pi   massiccio e diversificato intervento dello stato nei vari settori dell'economia e della societ   per giungere a preservare efficacemente l'incostituibile risorsa costituita dalla salute e dal numero degli amministratori.

«Fra l'esteso numero d'oggetti - scrive ancora Vincenzo Ratchetti -, cui abbraccia la scienza del governo, occupano distinto rango le politiche misure tutte, che si richieggono per conservare ne' popoli il tesoro prezioso della salute; per impedire il decadimento, o la trista degenerazione della specie; per allontanare insomma dalla societ   le cause funeste di sciagure, di malattie, e di fisiche calamit  , che insorgono copiose lungo il corso della civilizzazione de' popoli» ⁽⁷⁾.

In altri termini, non si chiedeva pi   ai governi di predisporre tecniche di sorveglianza finalizzate alla disciplinata sottomissione di qualsivoglia fenomeno al Principe, ma di produrre dispositivi che consentissero di regolare la crescita e lo sviluppo della popolazione come totalit   ⁽⁸⁾. Con l'apparire, a partire dalla met   del secolo XVIII, dell'oggetto «popolazione», in quanto entit   irriducibile a una semplice somma di individui, ceti e classi, si assiste cos   anche a profonde modificazioni nell'arte del governo e soprattutto nella funzione degli intellettuali. Costoro, infatti, «non si accontentano pi   di offrire consigli al Principe, ma vogliono assumere direttamente compiti riformatori» ⁽⁹⁾, come testimoniato d'altronde da tutti quei medici, fra i quali    d'obbligo citare fin d'ora Johann Peter Frank, Samuel August Tissot e prima ancora Gerard van Swieten ⁽¹⁰⁾, che nel corso del Settecento collaborano attiva-

mente con i propri governi nel predisporre e realizzare un vasto progetto di salvaguardia della salute pubblica le cui principali linee guida sono oggetto di questo studio.

L'obbiettivo politico-sanitario prioritario perseguito da molti governi di questo periodo appare senz'altro l'affermazione e il consolidamento del primato del sapere medico ufficiale sopra ogni altra forma di conoscenza non scientifica o puramente empirica. Il processo è ovviamente assai complesso e coinvolge molteplici aspetti sia sul piano culturale sia su quello più propriamente sociale, ma per il momento, data la vastità dell'argomento e i limiti di questo studio, si considerano solo i risvolti politico-istituzionali di un'azione che, mirando a consegnare nelle mani di tutta la classe medica gran parte della gestione degli affari di sanità, come peraltro espressamente richiesto dai teorici della polizia medica, si tradurrà progressivamente da parte della compagine statale in una centralizzazione del controllo sulla concessione ai medici, così come a tutti gli altri operatori sanitari, delle autorizzazioni ad esercitare, in un rinnovamento ed uniformamento dei programmi di formazione universitaria e nel riconoscimento di una diretta corresponsabilità dei medici nell'opera di salvaguardia della salute pubblica sia per mezzo dell'attribuzione di specifici incarichi sia per mezzo della creazione, con funzioni consultive, di speciali organismi medici nazionali.

Già con un provvedimento del 1685, Federico il Grande di Prussia aveva istituito a Berlino un *Collegium Medicum*. Sua funzione principale era quella di esaminare e autorizzare all'esercizio della professione tutti quei medici che avessero voluto praticare nel territorio del Brandeburgo ⁽¹¹⁾. La volontà di valorizzare un certo *iter* formativo e di ridurre i numerosi abusi riscontrati nella pratica medica suggeriva, infatti, d'introdurre criteri uniformi di selezione sottraendo ogni autorità in materia ai collegi cittadini ed annullando per quanto possibile ogni spinta di tipo corporativo. Successivamente, nel 1724, un nuovo provvedimento rese più capillare questa struttura di controllo con la fondazione per territori più ristretti dei cosiddetti *Consiglia medica* dotati di funzioni analoghe a quelle del Collegio, nel frattempo elevato alla dignità superiore di *Oberkollegium Medicum* ⁽¹²⁾.

Il percorso indicato dal sovrano prussiano fu poi seguito da altri governi europei. In Lombardia, ad esempio, nel 1774, si pubblica il *Regolamento generale della Facoltà medica* con cui venivano istituiti un unico Collegio medico e soprattutto un Direttorio. Quest'ultimo, formato inizialmente da Giuseppe Cicognini, Pietro Moscati e Guglielmo Patrini e destinato a sostituire l'ufficio del Protofisico, cui competeva precedentemente analogo compito, era incaricato di procedere, in luogo

dei collegi cittadini, all'esame di tutti i nuovi individui medici in possesso di regolare titolo di studio e, se ritrovati idonei, al rilascio delle autorizzazioni ad esercitare ⁽¹³⁾. Altrove, invece, l'opposizione manifestata contro simili provvedimenti da parte dei preesistenti collegi medici, dettata fundamentalmente dal timore di perdere una consistente fetta di potere, conduce a soluzioni di compromesso in base alle quali l'autorità di approvazione resta pur sempre nelle mani degli antichi organismi, ma con una più chiara definizione dei requisiti indispensabili per poter procedere a nuove immatricolazioni. È quanto accade, ad esempio, in Toscana dove il 15 marzo 1781 viene pubblicato un rescritto con cui pur riconoscendo al Collegio medico fiorentino l'autorità di approvare nuovi individui all'esercizio della professione medica, si dettano quali condizioni *sine qua non*, oltre al possesso del titolo di studio, anche la pratica di almeno due anni condotta presso qualche più anziano e preparato medico e un esame in volgare sostenuto sulle cinque materie di medicina teorica, medicina pratica, chimica, anatomia e farmacia ⁽¹⁴⁾.

Si voleva così contribuire da una parte ad edificare il primato della classe medica non più sulla base di un monopolio dogmatico quanto piuttosto su quella di una più ampia e approfondita preparazione acquisita grazie ad uno specifico corso di studi di più lunga durata e dall'altra sostenere attivamente, in ragione delle nuove finalità amministrative e dei cambiamenti avvenuti nell'ambito delle discipline medico-scientifiche, quel principio secondo cui occorreva fondere teoria e pratica sia nella figura del medico sia in quella di tutti gli altri operatori sanitari ⁽¹⁵⁾.

Il Settecento e in particolar modo la seconda metà del secolo segnano pertanto momento di grandi riforme nel campo dell'ordinamento degli studi universitari. Da Vienna ⁽¹⁶⁾ a Salamanca ⁽¹⁷⁾, da Parigi ⁽¹⁸⁾ a Pavia ⁽¹⁹⁾, non solo s'introducono nei programmi delle facoltà mediche tutti quei nuovi insegnamenti frutto dell'evoluzione delle conoscenze medico-scientifiche, ma si trasforma anche il modo d'apprendere attraverso la rivalutazione su più ampia scala e in luogo della sola e pura teoria di una certa pratica acquisita grazie all'osservazione diretta dei malati condotta fra i letti delle corsie d'ospedale. La stessa chirurgia, considerata dispregiativamente nel passato in ambito dotto arte vile e meccanica, beneficia di questo nuovo clima e inizia ad acquistare proprio nel corso del Settecento e in conseguenza dei tanti progressi compiuti nel campo dell'anatomia patologica, una sua autonoma dignità fino al punto di vedersi consacrare appositi corsi universitari e di vedere considerevolmente ridotta a fine secolo, con la comparsa della nuova e per

certi versi rivoluzionaria figura del medico-chirurgo, quella frattura che la separava dalla più nobile arte della medicina ⁽²⁰⁾.

Un altro mezzo di contribuire al consolidamento del primato medico appare contemporaneamente la definizione e l'imposizione di una ben precisa deontologia professionale. Accanto alla formulazione di codici di comportamento, o per meglio dire di galatei che fissano le norme di condotta interne alla categoria ⁽²¹⁾, si pubblicano così veri e propri regolamenti che elencano assieme ai diritti gli inderogabili doveri del medico. Costui, in forza stessa delle sue competenze scientifiche, non è solo tenuto ad assicurare la necessaria ed insostituibile assistenza agli infermi, ma è chiamato altresì a collaborare con gli organi di governo nel fondamentale compito di studiare attentamente la realtà e ricercare tutti quei disordini che, secondo le convinzioni del tempo, attentavano all'integrità fisica della popolazione e minavano quindi alla base la futura prosperità della nazione.

Ed è ancora una volta la normativa teresiana ad offrire un valido esempio in tal senso. La *Generalsanitätsnormativ* del 3 gennaio 1770, frutto del disegno riformatore del van Swieten e del von Sonnefelds, affida, infatti, al medico sia il compito di curare i malati secondo le più esatte cognizioni sia quello di dedicarsi attivamente alla salvaguardia della salute pubblica attraverso la raccolta di tutti quei dati indispensabili alla definizione degli interventi più necessari ⁽²²⁾.

Si voleva, in altri termini, promuovere una pratica descrittiva la più uniforme possibile, mutuata ed in parte anticipata dalle numerose topografie mediche pubblicate a partire dalla prima metà del XVIII secolo ⁽²³⁾, comunque organizzata in modo tale da eliminare, entro certi limiti, gli inevitabili errori legati a valutazioni soggettive e da permettere, in virtù anche di un ampio ricorso agli strumenti matematici ⁽²⁴⁾, utili esami congiunti, per zone e periodi diversi, di tutte le informazioni reperite.

Era chiaro a più parti, d'altronde, come solo disponendo di un quadro completo e costantemente aggiornato della situazione reale con esatte informazioni, ad esempio, sull'evolversi della temperatura atmosferica, sull'andamento del tempo, sull'incidenza delle varie malattie e sul numero dei nati e dei morti, si poteva pensare di pianificare di volta in volta gli interventi, contribuendo contemporaneamente al loro buon esito.

«Le più esatte notizie di statistica medica - scriveva Vincenzo Raccetti nell'opera citata in apertura - si richiegono onde conoscere previamente i bisogni tutti d'una nazione in fatto di salute, per tentar quindi di provvedervi» ⁽²⁵⁾.

Alla rilevazione statistica dei dati, per la cui annotazione è previsto ad inizio Ottocento anche l'uso di specifici moduli prestampati, si accompagna infine un compito più propriamente di sorveglianza: il medico posto al vertice della piramide sanitaria è tenuto a controllare la condotta degli operatori subalterni e a verificare l'esatta applicazione delle norme emanate. Ecco spiegato pertanto anche il vivo interesse che investe da più parti il progetto di attivare un'ampia rete di condotte mediche, viste come utile strumento per favorire, anche attraverso un più equo trattamento economico, una maggiore diffusione del personale medico sul territorio e di conseguenza sia l'apertura di un canale privilegiato attraverso il quale favorire la penetrazione fra la popolazione del discorso medico ufficiale sia la formazione di un vasto gruppo di persone in grado di guidare con competenza ogni intervento finalizzato alla salvaguardia della salute pubblica.

«Lo stabilimento delli medici e chirurghi salariati - scrive in un suo promemoria del 31 agosto 1769 Giuseppe Cicognini relativamente alla situazione lombarda - nelle condotte di campagna è stato dimostrato di somma importanza nelle relazioni della commissione, poiché i principali borghi sono destituiti di quest'assistenza, e così quasi tutta la campagna: molte sono le terre che non stipendiano né medici né chirurghi, in molte altre si fa la elezione di questi da qualche predominante feudatario o possessore, in altre dalli soli deputati, in altri dalli soli estimati, ma in tutte queste condotte la tenuità delli salari determina solamente qualche soggetto imperito o poco capace ad abbracciare il servizio onde si moltiplicano gl'inconvenienti, il risultato de' quali si è il pericolo della *pubblica salute*»⁽²⁶⁾.

Un esempio di primo e dettagliato piano di condotte mediche è quello varato per la Lombardia negli anni Ottanta del Settecento⁽²⁷⁾ cui dedica alcune sue belle osservazioni anche il Beccaria⁽²⁸⁾.

Infine sono per lo più medici coloro cui vengono affidati tutti quegli incarichi speciali introdotti nel corso del Settecento per svolgere direttamente al servizio dello stato tutte queste varie funzioni di sorveglianza nel settore della sanità o, più semplicemente, coloro che vengono insediati in luogo dei «politici» all'interno dei vecchi Uffici o Tribunali di sanità. Così se a buon titolo i Magistrati di Sanità possono essere indicati come un primo esempio di uffici pubblici con competenze di tipo sanitario⁽²⁹⁾, la loro apertura a più folte rappresentanze mediche, gli stessi *Consilia Medica* istituiti da Federico II di Prussia o i funzionari medici creati in Austria per volontà del Van Swieten⁽³⁰⁾ segnano, con-

temporaneamente ad una crescita d'iniziativa da parte dello stato, il progressivo successo di un nuovo e autorevole discorso medico testimoniato se non altro dal maggiore coinvolgimento dei preesistenti colleghi medici nazionali entrambi chiamati a collaborare col governo nell'opera di definizione e decisione degli interventi più urgenti e necessari in campo sanitario.

Fra tali organismi l'esempio più noto è forse rappresentato dalla Società reale di medicina di Parigi fondata da Luigi XVI nel 1776. Formata inizialmente da otto membri poi elevati a quattordici, fra cui Lassone in qualità di presidente e Vicq d'Azyr in qualità di commissario generale, quest'istituzione doveva, nelle intenzioni dei suoi ispiratori, contribuire da una parte al rinnovamento del sapere medico e dall'altra all'acquisizione di una maggiore efficacia operativa da parte governativa grazie all'attivazione di una vasta rete di sorveglianza socio-sanitaria formata dai vari medici-corrispondenti della società stessa sparsi sul territorio ⁽³¹⁾.

Il costante impegno con cui ci si dedica all'affermazione e al consolidamento del primato medico trova, comunque, un suo esatto corrispondente nel tentativo di correggere attraverso un più globale sforzo educativo quelle che erano considerate le cattive abitudini di vita del popolo.

I ben noti *Avvertimenti alla popolazione intorno alla propria salute* di Samuel August Tissot ⁽³²⁾ e i tanti almanacchi che nello stesso periodo rivedono i propri contenuti ⁽³³⁾ non sono che un segno fra i più evidenti di una simile tendenza che trova ancor più concreta espressione sia nella definizione e nel potenziamento dei programmi d'istruzione scolastica sia nella pubblicazione di numerose normative volte a eliminare determinate usanze ritenute causa di malattie, ma anche di gravi infortuni.

Si voleva, in altri termini, giungere a ridefinire il *regimen sanitatis* sulla base di regole e comportamenti dettati da una visione esclusivamente medico-scientifica della realtà.

Ma quali sono, vien da chiedersi, le interpretazioni di valore che uniscono e separano, sovrappongono e distinguono e, ancor più, conducono e subordinano, in differenti condizioni socio-economiche e separati ambiti socio-culturali, il termine «vita» al termine «salute»? Cosa classificare per regole di vita o per regole sanitarie quando si considerano l'influenza che le une esercitano sulle altre e la polivalenza di significati che lo stesso termine di regola può assumere in contesti ed epoche diversi?

Un fatto è parlare di regola in un sistema normativo definito da leg-

gi scritte e tutelato dalla sorveglianza esercitata sulla loro osservazione da organismi istituzionali, un fatto è parlare di regola in un sistema normativo affidato alla trasmissione orale di una tradizione e salvaguardato da una identità comune che questa esprime. Nell'uno e nell'altro caso ogni discorso potrebbe anche limitarsi a determinare, singolarmente e separatamente, le ragioni che mentre giustificano per l'autorità di governo l'introduzione e l'imposizione di alcune norme, spiegano, ad esempio, per il membro di una qualsiasi comunità rurale l'adozione «volontaria» e apparentemente impropria di altre. Una simile impostazione, tuttavia, lascerebbe irrisolti numerosi problemi. Una così netta separazione tra ambito popolare e ambito dotto, dove teoricamente ognuna delle parti rispetta all'infinito le proprie ragioni e i propri interessi, eluderebbe infatti ogni legittimo dubbio sull'esistenza di processi d'interazione e scambio fra questi due piani e in entrambe le direzioni.

Al di là di un'interpretazione che, sulla base di fonti non diversificate, privilegia la sola ipotesi dello scontro, è impensabile non presupporre una confusione di elementi che condizionano l'istituzione nella scelta delle modalità di intervento e le persone nella descrizione del tipo di risposta da adottare in alcuni frangenti.

Nella cultura tradizionale di una qualsiasi comunità rurale assumono grande importanza le immagini e comportamenti, storicamente determinatesi, suggeriti dal paesaggio in cui essa è inserita. Ma lì dove la medesima tradizione culturale assiste il singolo individuo, suggerendo i modi per convivere il più armonicamente possibile con l'ambiente circostante, la normativa statale stabilisce una serie di comportamenti spesso estranei alla cultura del medesimo individuo poiché rispondenti ad altra scala di valori, con diversi obiettivi di carattere politico, amministrativo e finanziario. In quale misura, allora, un simile intervento ha contribuito irrimediabilmente a frazionare e smembrare, senza sostituirlo in tutto e per tutto, un organico e funzionale sistema di credenze, rappresentazioni e valorizzazioni della realtà spaziale in cui si collocano la persona e la comunità di appartenenza? Ossia, in che dimensioni ha determinato la disarticolazione di un ricco ed efficace complesso di risposte, ad esempio nella sfera terapeutica, cui sono sopravvissuti solo pochi elementi, spesso semplicisticamente giudicati, oggi come allora, espressione nella loro frammentarietà di ignoranza e superstizione? E infine entro quali limiti le autorità governative e per esse i medici hanno saputo cogliere, al contrario, il segno talvolta positivo di una «sapienza» maturata attraverso l'esperienza quotidiana?

Restano per ora interrogativi aperti cui è impossibile dare una risposta precisa senza aver prima indagato nei minimi dettagli sull'azione

svolta da ogni governo e soprattutto senza aver prima ricostruito, pur nella povertà di fondi, i contenuti di questo complesso ed articolato patrimonio di conoscenze empiriche la cui esistenza, in alcuni casi, continua ad emergere ancor'oggi ⁽³⁴⁾.

Sicuramente col tempo l'intervento regolatore condotto dalle autorità di governo e dai suoi alleati, avrà contribuito a diffondere fra la popolazione nuovi comportamenti, ma la permanenza di altri, suggeriti fors'anche da condizioni oggettive e dalla necessità di salvaguardare il precario equilibrio di un'economia di sussistenza, continuerà a mostrare la vitalità di una particolare concezione di salute legata a diversi valori esistenziali. Non sfugge, infatti, come il diverso *regimen sanitatis* concepito e disegnato, ad esempio, dalle numerose norme statali fondi i suoi principi oltre che su nuovi contenuti scientifici anche su quei valori di vita e convivenza sociale, propri di un'emergente classe borghese, nei confronti dei quali resta ancor'oggi in parte debitrice una certa visione del personale stato di buona salute.

L'affermazione e il consolidamento del primato del discorso medico ufficiale passa ad ogni modo soprattutto attraverso la diretta applicazione da parte dei vari governi, in modo più o meno sistematico, e con un'attenzione del tutto nuova per la pratica della prevenzione, di tutte quelle misure proposte dai teorici della polizia medica per tutelare la salute pubblica.

Costoro fra le strategie utili a prevenire il miasma e già sperimentate nel passato per fronteggiare i periodici assalti della peste bubbonica ripropongono con rinnovata energia la pratica della ventilazione. Grazie ad essa, infatti, si credeva fosse possibile ristabilire l'elasticità e la qualità antisettica dell'aria compromesse dalle tante fonti di impure esalazioni concentrate soprattutto in ambiente urbano ⁽³⁵⁾.

In altri termini, ricorrendo a un modello interpretativo fornito dal funzionamento dell'organismo umano, l'aria, e con essa anche la luce, dovevano circolare nell'ampio reticolo di vie e piazze della città-macchina nello stesso modo in cui il sangue, attraverso i vasi arteriosi e venosi, giungeva ad irrorare tutto il corpo. Samuel August Tissot sosteneva addirittura la necessità, lì dove ancora esistevano, di abbattere le vecchie mura poiché, esaurita ogni funzione difensiva, erano solo d'ostacolo alla libera circolazione dell'aria ⁽³⁶⁾. Gli fa eco Johann Peter Frank il quale consigliava se non altro di ampliare le porte d'accesso.

«Le porte d'una città - scriveva Frank nel "Sistema completo di polizia medica" - devono essere ampie e spaziose non solo per maggior comodo de' carri e de' pedoni, ma anche per mantenere

una libera comunicazione tra l'aria imprigionata ed insalubre della città con quella libera e pura del contado. Affinché questa possa tirare senz'alcun ostacolo, conviene che le porte s'aprano su una piazza o rispondano immediatamente ad alcuna delle contrade principali più spaziose» ⁽³⁷⁾.

Non era però sufficiente aprire la città, come d'altronde ogni più piccolo centro abitato, ai flussi d'aria: occorreva eliminare o allontanare le cause di esalazioni, ossia, perseguendo la realizzazione di un grande progetto di riassetto urbano esteso capillarmente ad ogni punto dell'aggregato urbano, bonificare le eventuali paludi, drenare le acque stagnanti, imbrigliare e deviare il corso dei fiumi, selciare le strade, predisporre delle reti fognarie, rimuovere regolarmente i rifiuti, spostare fuori dell'abitato i cimiteri, le carceri, gli ospedali, le botteghe artigiane e gli orti.

In molte zone d'Europa e particolarmente nelle città capitali la battaglia contro le tante cause di formazione «occasionale» del miasma evolverà pertanto in un processo di trasformazione, giunto a compimento solo nella seconda metà del secolo successivo, che porterà anche alla più ampia diffusione di taluni valori di vita borghese, alla nascita di una città nuova «che non avrà più nulla a che vedere con la realtà umana, sociale, culturale, fisica della città fino ad allora esistita» ⁽³⁸⁾.

Già agli esordi dell'Ottocento, ad esempio, Vienna appare a chi la visita una città assai «ordinata». Il viaggiatore francese Cadet di Gassicourt che vi trascorre un breve soggiorno la descrive in toni elogiativi: ben lastricata, adeguatamente protetta dagli incendi, sufficientemente fornita di quei servizi in grado di soccorrere la povera umanità afflitta dalla miseria e dalle malattie ⁽³⁹⁾.

Fra i tanti interventi consigliati, quello su cui sembra maggiormente concentrarsi l'iniziativa pubblico-statale appare, comunque, la riforma del sistema e del cerimoniale delle sepolture. In particolare si proibiscono le tumulazioni all'interno delle chiese e s'insiste sulla necessità di predisporre all'esterno degli abitati i cosiddetti «campisanti a sterro» delimitati da file di alberi ritenute capaci di trattenere e filtrare ogni sorta di aria corrotta.

Un'altra cinta muraria, inoltre, a testimonianza di un mutato atteggiamento nei confronti della morte e delle sue manifestazioni ⁽⁴⁰⁾, oltre a nascondere dall'esterno la vista del cimitero, avrebbe dovuto impedire una volta per tutte l'indiscriminato ed ingiustificato passaggio di persone e animali per quel luogo.

Non tutti i suoli si ritengono però idonei ad ospitare la città dei morti in opposizione a quella dei vivi. Serve, infatti, un terreno in gra-

do di agevolare il lento disfacimento dei corpi, senza che i veleni della putrefazione possano, nel sottosuolo, contaminare le fonti d'acqua e diffondersi altrove.

Regolamenti sempre più dettagliati indicheranno pertanto quali cautele osservare nella scelta dei luoghi e successivamente nello scavo delle fosse.

L'iniziativa intrapresa in tal senso in Toscana dal Granduca Pietro Leopoldo anticipa i contenuti di analoghi e futuri provvedimenti assunti altrove e non ultimo del ben più famoso editto di Saint Cloud emanato da Napoleone nel 1804. Un regolamento in diciannove punti, pubblicato il 19 luglio 1783 ⁽⁴¹⁾ e di poco successivo alla legge del 25 aprile 1780 con cui si proibiva la tumulazione all'interno delle chiese e si davano disposizioni per la costruzione di camposanti fuori dai luoghi abitati ⁽⁴²⁾, suggeriva, infatti, sia i criteri guida per la scelta del luogo in cui erigere il cimitero, sia le modalità di progetto e sia, infine, i modi in cui predisporre le fosse dove seppellire i morti.

Di prevenzione e della sua importanza parlano, inoltre, tutte quelle misure consigliate per ridurre le cause d'impurità dell'acqua, ritenuta, al pari dell'aria viziata, un pericoloso agente morbifero.

«[...] i mezzi - scrive il Rachetti - mercè cui la polizia governativa può correggere la prava natura dell'acque (sono quelli di non permettere) che si versino materie impure, che nelle grandi correnti e ciò vietando assolutamente nelle minori che circolano in specie entro luoghi abitati; (di decretare) a dati intervalli lo spurgo generale de' pozzi, delle cisterne, degli acquedotti; (di fare) che siano questi sepolti profondamente, non permeabili al calor esterno, ed alquanto accessibili all'aria; (di ordinare) che sieno spesso depurati del limo, e de' corpi eterogenei i canali d'uso pubblico; (di mettere) in corso l'acque stagnanti con artificiali derivazioni, e (di scuotere) le torpide e lente coll'ajuto de' molini; (di fissare) leggi alla fabbrica de' pozzi, onde siano possibilmente difesi dal pericolo di corruzione; (di decretare) per ultimo la generale esplorazione dell'acque d'uso domestico nello stato, con render ad un tempo a pubblica notizia quali siano le più salubri, e con quai mezzi si possa ragionevolmente correggerne le qualità prave, e nocive» ⁽⁴³⁾.

Il disegno volto ad assicurare un migliore approvvigionamento idrico e a soddisfare quella sete di acqua «pure» ⁽⁴⁴⁾ che attanaglia in particolar modo e ancora una volta le città trova così un primo e immediato riscontro nell'accresciuto impegno con cui si seguono la costruzione di

nuovi acquedotti e la progettazione di sistemi idraulici in grado di garantire un rifornimento più capillare e copioso del prezioso liquido il cui impiego comincia ad essere associato anche ad una più meticolosa cura dell'igiene personale ⁽⁴⁵⁾.

È il caso, ad esempio, solo apparentemente limitato, di Rovereto, dove nel 1770 l'ingegnere milanese Fabrizio Frizzi, attingendo con i suoi argomenti ad una visione assai diffusa, propone ai Provveditori della città la costruzione di una ruota idraulica per far fronte ai gravi problemi di rifornimento idrico.

«L'acqua - scrive l'ingegnere nella sua relazione -, principale elemento di tutta la nutrizione, entrando tante volte negli altri nostri alimenti, e abbisognandoci più continuamente di tutti, forma un oggetto tanto interessante per le città, quant'è la salute istessa dei cittadini. A proporzione che nelle società maggiori degli uomini s'è maggiormente rafinata, e distesa la civile pulizia, si sono accresciute ancora in quest'articolo le pubbliche provvidenze. Si sono messi in opera dappertutto i migliori mezzi di avere una buona qualità d'acqua da bere, e di averne in quantità sufficiente. [...] Però mi ha fatto gran meraviglia di ritrovare così mal provveduta d'acqua una città così florida, e ricca come Roveredo [...]. l'acqua che si tira dal monte sulle due piazze è di cattiva qualità per bere, ed è di quantità molto scarsa per gli altri usi domestici. L'acqua del Leno, quando sia depurata è di ottima qualità: ma per le case, che non sono contigue il trasporto riesce di troppo incomodo. Appena in qualche casa s'è cominciato a far uso di qualche macchina per aver l'acqua, e i filtri per depurarla non sono ancora praticati da nessuno [...]. E bisogna anche aggiungere, che in certi tempi particolari le acque cavate dai fiumi, e non passate per qualche filtro, possono maggiormente pregiudicare alla salute per le putrefazioni animali, e vegetabili, che vi si trovano mescolate» ⁽⁴⁶⁾.

Se contro i pericoli insiti nell'ambiente l'azione di governo sostenuta dai teorici della polizia medica guarda, dunque, con particolare interesse ai buoni risultati ottenibili grazie ad un'azione preventiva mirata all'eliminazione dei miasmi e ad un migliore approvvigionamento idrico, anche contro il rischio del contagio, la cui esistenza, indipendentemente da ogni considerazione sull'ignoranza dei meccanismi di trasmissione, è ampiamente avvalorata da una credenza popolare accentuatasi nel corso del XVII secolo a seguito delle numerose epidemie consecuti-

ve di peste ⁽⁴⁷⁾, scopre in accordo con certi principi della stessa terapeutica popolare, il principio della profilassi ⁽⁴⁸⁾.

Prima del XVIII secolo, infatti, secondo quanto scrive Shryock, la profilassi, intesa come insieme di provvedimenti di carattere strettamente medico applicato ai singoli individui, era sconosciuta alla scienza europea. Al contrario le popolazioni orientali e africane l'applicavano da parecchio tempo sotto forma di prevenzione contro il vaiolo. L'applicazione era basata sull'esperienza quotidiana: da questa si poteva dedurre infatti che la malattia era contagiosa, che, inoculata artificialmente, si manifestava sotto una forma relativamente benigna e che una sola crisi provocata in questo modo bastava a dare al paziente un'immunità permanente ⁽⁴⁹⁾.

Non è pertanto casuale che il principio della profilassi trovi una sua prima applicazione proprio nelle campagne di inoculazione antivaiolesca intraprese, fra tante polemiche ⁽⁵⁰⁾, in molte zone d'Europa a partire dal 1740 circa ⁽⁵¹⁾. Con l'affermarsi di questa nuova tecnica, peraltro, non vengono meno tutte quelle consuete misure già predisposte nel passato contro la peste per contrastare la diffusione di altre malattie classificate come ugualmente contagiose. Un esempio in tal senso è fornito dal regolamento contro la tubercolosi pubblicato in Toscana nel 1754 per iniziativa del Cocchi, ma successivamente revocato per il prevalere della tesi opposta che sosteneva la non contagiosità dell'«etisia» ⁽⁵²⁾. Ciò nonostante la sua adozione fu ancora consigliata nel 1792 dal medico trentino Francesco Borsieri per il territorio sottoposto all'autorità del Magistrato Consolare di Trento ⁽⁵³⁾.

Di certo il lento prevalere in medicina del principio della profilassi ha però contribuito a trasformare radicalmente l'atteggiamento nei confronti della malattia in genere, concepita sempre più come entità a sè stante, risultato di una serie di circostanze estranee all'individuo e al suo organismo. All'inizio del nuovo secolo il fine di ogni azione medica non appare più così la riduzione dell'impatto negativo delle infermità sulla popolazione, ma bensì quello ben più ambizioso di sconfiggerle, attraverso l'isolamento, la distruzione e la totale eliminazione dei tanti invisibili nemici della salute umana.

«Medici Filantropi! - scriveva il celebre medico toscano Gaetano Palloni nel 1904 in piena recrudescenza a Livorno di un morbo creduto la terribile febbre gialla - la causa dell'umanità è nelle vostre mani, e la vittoria è vicina. Livorno attende l'intera sua salvezza da voi. Già le più efficaci, e provide misure han posto un'argine a questo morbo micidiale: incatenato, e racchiuso, spetta ora

a voi a combatterlo, e debellarlo. Non dubito che i lumi vostri, ed il vostro coraggio condurranno presto a fine una sì grand'opra: ed io vedrò con piacere i passati pericoli, e la mia felicità sarà al colmo, se avrò potuto, per quanto era in me, cooperarvi» ⁽⁵⁴⁾.

Infine è ancora nell'ambito di un'azione preventiva, per quanto non strettamente ed unicamente valutabile dal punto di vista medico, che va inquadrata la ricerca di ogni possibile soluzione per modificare quelle condizioni di vita indicate in più di un'occasione come causa principale dell'insorgenza fra larghi strati di popolazione delle peggiori malattie ⁽⁵⁵⁾.

Un terzo ed ultimo elemento individuabile in tutti i programmi di governo finalizzati alla salvaguardia della sanità pubblica è la riorganizzazione dell'assistenza sanitaria sia attraverso la formazione e conseguente diffusione sul territorio di personale subalterno regolarmente istruito ed approvato, fra i quali ad esempio chirurghi e levatrici, sia attraverso l'incremento per tipologia e numero e in risposta ai limiti funzionali di un servizio concepito precedentemente quasi esclusivamente di tipo domiciliare ⁽⁵⁶⁾, delle strutture di ricovero e cura.

Innanzitutto si cerca di contribuire alla creazione di consistenti nuclei di operatori subalterni in possesso di un'indiscutibile competenza «scientifica» dando vita ad appositi corsi d'istruzione delegati ad abilitare direttamente all'esercizio delle diverse professioni sanitarie i vari candidati.

Relativamente alla penisola italiana un corso d'istruzione per levatrici viene inaugurato a Torino già nel 1732 ⁽⁵⁷⁾ e successivamente, per quanto attivo solo un paio d'anni, anche a Rovereto nel 1770 ⁽⁵⁸⁾. Nel 1791 s'inaugura invece a Milano la scuola di veterinaria ⁽⁵⁹⁾, sull'esempio di quanto già realizzato in Francia nel 1762, con l'apertura della scuola di Lione e successivamente nel 1766, con l'inaugurazione di quella ben più famosa di Alfort vicino Parigi ⁽⁶⁰⁾. Infine sempre a Milano nel 1767 si organizzano presso l'Ospedale Maggiore un laboratorio e uno studio di chimica ufficiale ⁽⁶¹⁾ i quali, seppur indirizzati inizialmente alla formazione dei soli chirurghi, preludono alla trasformazione di un vasto nucleo di persone, conclusasi poi definitivamente nella prima metà del secolo successivo, da speciali privi di qualsiasi preparazione scientifica, poco più che semplici rivenditori di generi di «drogheria», in esperti farmacisti, «dispensatori e analizzatori» di vari composti medicamentosi ⁽⁶²⁾.

È evidente, peraltro, come l'attività di formazione svolta da queste scuole o dai singoli individui medici sparsi sul territorio, per quanto in-

tensa la si possa immaginare, non era in grado nell'immediato di realizzare quel progetto di fondo che mirava ad affidare nelle mani dei soli agenti scientifici la cura della popolazione.

Diverse ragioni di carattere economico e motivazioni di ordine culturale impedivano, infatti, una più massiccia frequenza a questi corsi e contribuivano a conservare in vita una sorta di informale e parallela rete di operatori sanitari costituita da una vasta schiera di terapeuti empirici. Costoro, affiancati sul territorio, lì dove esistevano, dalle infermerie conventuali, coadiuvati da solerti curati e sostenuti da una sviluppata consuetudine all'autoterapia, assicuravano un'assistenza altrimenti aleatoria. La grande ed incrollabile fiducia che la popolazione non cessa di accordare ai propri esperti di villaggio, anche per l'indubbia efficacia di molte delle loro cure, e l'impossibilità da parte delle autorità di governo di rendere operante fin da subito un servizio di assistenza pubblica altrettanto capillare e funzionale restano, dunque, alla base di quella diversa strategia istituzionale che ancor prima di perseguire penalmente gli empirici pensa ad una sorta di loro neutralizzazione attraverso l'accertamento della loro abilità e il loro inquadramento in ruoli ufficialmente riconosciuti.

Si cerca, in altri termini e pressoché contemporaneamente all'attivazione dei primi corsi, di sottoporre coloro che svolgono funzioni di levatrici, chirurghi, speciali e più avanti anche di veterinari, ad una verifica della loro preparazione affidando a commissioni di nomina speciale l'incarico di esaminare e legittimare quanti altrimenti avrebbero potuto agire incontrollati. È quanto accade, ad esempio, nei domini di casa d'Austria dove un ordine sovrano del 22 settembre 1770 aveva imposto di istituire presso ogni ufficio circolare un collegio di sanità, formato dal fisico circolare, da un chirurgo e da altra persona ideona, col compito di accertare l'esistenza dei requisiti e delle abilità indispensabili all'esercizio della professione tanto nel caso dei medici quanto in quello dei chirurghi, delle levatrici e degli speciali ⁽⁶³⁾.

Precedentemente e relativamente al solo Tirolo una circolare del 25 aprile 1769 rammentava il divieto per costoro di esercitare se privi di approvazione e stabiliva il termine di tre mesi entro il quale recarsi eventualmente ad Innsbruck per sottoporsi al richiesto esame ⁽⁶⁴⁾.

Infine, altro passaggio non certo marginale di questo processo, è la regolamentazione dei rapporti fra le varie figure di operatore e soprattutto una più attenta definizione dei limiti entro i quali costoro sono tenuti ad agire rispetto al diretto superiore che rimane comunque il medico. Si traccia, così, una linea di demarcazione fra i due piani della piramide basata fondamentalmente sulla divisione degli interventi fra in-

terno ed esterno del corpo umano e fra momento della diagnosi e successivo momento della terapia, negando sì, questa volta e forse non inconsapevolmente, quella concezione unitaria propria di qualsiasi tradizione popolare. Un importante strumento di disciplinamento in tal senso appare, oltre alla specifica normativa, l'imposizione di tariffari in base ai quali si fissano per ogni operatore il tipo di prestazione ammessa e relativo compenso.

Il problema del personale sanitario, della sua formazione e della sua regolamentazione interna era stato oggetto di varie normative in Europa fin dallo scadere del secolo XVII. Ne sono esempi significativi la legge di Federico I di Prussia del 1695 ⁽⁶⁵⁾ e circa un decennio dopo l'editto di Marly del 1707 del re Luigi XIV ⁽⁶⁶⁾. Ma ancora una volta è il caso austriaco ad offrire l'esempio più maturo: la già citata *Generalsanitätsnormativ* fissa in dettaglio diritti e doveri di ogni operatore sanitario ⁽⁶⁷⁾, mentre negli anni immediatamente successivi alla sua pubblicazione si moltiplicano, su sollecitazione delle autorità politiche, le proposte di tassazione per medici, chirurghi e mammane sul tipo di quelle compilate, ad esempio, dal medico circolare di Bolzano Peter Menz ⁽⁶⁸⁾ o dal medico circolare di Rovereto Ernesto Zanini ⁽⁶⁹⁾.

Le tre linee d'intervento sin qui tracciate che sembrano guidare nel corso del Settecento l'azione di molti governi europei nel settore sanitario si possono, tuttavia, meglio riassumere guardando alle strategie d'insieme seguite nell'edificare o riformare le nuove o vecchie strutture di ricovero - ospedali, orfanotrofi, brefotrofi, manicomi, case di riposo, centri terminali e così via - dove normalmente si concentrano, a detta di tanti osservatori, molti di quei disordini lamentati all'esterno: scarsa autorità del medico, insalubrità degli ambienti, sporcizia, cattive regole di vita, impreparazione del personale addetto agli infermi e via dicendo.

«In questi luoghi - scrive assai esemplarmente Vincenzo Ratchetti riferendosi in particolare agli ospedali - lo spettacolo dell'egra umanità trae, non dirò sol dagli occhi le lagrime, ma alla vista di mille atroci disordini eccita piuttosto in cuore il fremito della natura. Crudeli ingiustizie nell'accettazioni, onde talor si rigettano de' malati spiranti per ammetter coloro a preferenza, cui scieglie tutto il giorno a suo talento l'impegno privato, e l'autorevole protezione; ignoranza profonda in non pochi ministri di mille oscuri raggiri, quindi s'avanzano passo passo fino ad ottenere il diritto d'uccidere impunemente l'umanità; barbara trascuratezza in quelli, che destinati alla cura dell'esterne malattie, non appena eseguita massima operazione, ne abbandonano to-

sto il pensiero ad una turba di minori imperiti, che senza cuore, senza lumi, e senza esperienza inviano tutto il giorno stuolo di sciagurati al sepolcro; confusione spaventosa nelle farmaceutiche officine, in cui, tra la folla delle preparazioni, i criteri di peso, e misura sono per lo più sconosciuti; un disordine mostruoso nella distribuzione degli ammalati, per cui essendone affidato eccessivo numero ad ogni medico, il consueto periodo delle visite non basta nemmeno talora ad impiegare un minuto per ciascun letto; la barbarie finalmente degl'infermieri, che trattano talora come nemici gli spiranti loro fratelli, costituiscono lunga serie d'abusi desolatori, per cui tradita è in questi grandi ricoveri la pietà degl'istitutori benefici, e sacrificata al predominio delle basse passioni l'umanità» ⁽⁷⁰⁾.

Al di là di quanto predisposto sul piano più propriamente finanziario-amministrativo, che qui si tralascia per non ampliare oltremodo la trattazione, la progettazione e la realizzazione di nuovi istituti di ricovero e cura così come la loro semplice ristrutturazione diviene, dunque, nel corso del Settecento, occasione per sperimentare concretamente in realtà più piccole l'efficacia di un programma sanitario basato sui principi del primato della conoscenza medico-scientifica, della prevenzione, della profilassi e non ultimo di un'ordinata assistenza.

Ai medici direttamente impiegati nell'ospedale o a quanti incaricati della loro ispezione si attribuisce la direzione delle cure, il compito di descrivere attentamente l'evolversi delle varie malattie e l'onere di verificare l'esistenza di tutte quelle condizioni indispensabili alla miglior riuscita dei trattamenti terapeutici.

Per prevenire il rischio del ristagno d'aria, tanto più pericoloso in un luogo in cui albergano le peggiori malattie, si caldeggia il rispetto del ben noto principio della ventilazione. Ampie finestre contrapposte in stanze dei grandi volumi o in alternativa l'uso di ventilatori meccanici sull'esempio degli inglesi che li avevano introdotti sulle navi, nelle carceri e negli stessi ospedali ⁽⁷¹⁾, dovevano permettere un continuo e rapido ricambio d'aria.

La divisione interna degli ammalati per sesso e tipo d'infermità, una scrupolosa pulizia della persona, un comportamento disciplinato, una buona alimentazione, l'esatta osservanza delle prescrizioni mediche e soprattutto personale infermieristico più affidabile, in grado cioè di eseguire correttamente gli ordini medici e di porre in pratica quanto previsto espressamente dai regolamenti ⁽⁷²⁾, dovevano in ultimo contribuire alla trasformazione dell'ospedale e di qualsiasi altro luogo di cura da

«ricovero per moribondi, segnato dalle liturgie della pietas cristiano-barocca» ⁽⁷³⁾ in moderna *machine à guérir* ⁽⁷⁴⁾, dove anche il lavoro trovava spazio fra i rimedi utili al recupero della salute.

È quanto si vuole realizzare, ad esempio, con il nuovo ospedale generale di Vienna ⁽⁷⁵⁾ ed è quanto, per analogia, ponendo sullo stesso piano infermità del corpo e infermità dello spirito, si vuole attuare anche negli istituti di detenzione.

Entro i limiti della funzione correttiva della pena si coglie, infatti, l'importanza di migliorare le condizioni di vita dei carcerati in modo sì da punire la «scelleraggine» ma non da opprimere l'umanità, ossia quel complesso di facoltà che distinguono l'uomo dagli animali.

Le osservazioni dell'inglese John Howard sulla situazione riscontrata all'interno di alcuni istituti di pena ⁽⁷⁶⁾ avevano suscitato largo scalpore nel suo paese e ben presto, valicandone i confini, anche nel resto d'Europa. Costui nel descrivere le numerose prigioni visitate, come altrettante sentine di vizio e di sporcizia, propone l'applicazione di una disciplina «dolce e prudente», più efficace a suo dire della severità, e si fa portatore di quel principio teresiano che stabiliva la separazione dei detenuti in base principalmente al reato e al sesso e riconosceva il lavoro come mezzo per correggere e rendere utili i malfattori ⁽⁷⁷⁾. Il carcere di Ghent (o Gand) nelle Fiandre e la casa correzionale di Milano dovevano in parte rappresentare la realizzazione concreta di questi principi, ma mentre nel primo caso venne meno il principio del lavoro nel secondo fu il prevalere di vecchi schemi architettonici a sacrificare il principio della separazione ⁽⁷⁸⁾.

Il piano di salvaguardia della salute pubblica rivela così, in questa convergenza fra progetto ospedaliero e progetto carcerario, il suo profondo legame con il grande sogno vagheggiato e coltivato dai riformatori e medici dell'Illuminismo settecentesco e per ceti versi da quanti contemporaneamente lavoravano al progetto di città ideale: ossia, per dirlo con le parole di Jean-Pierre Papin, l'ideale di padroneggiare, controllare, gestire la vita sociale, produrre una società esente da ogni malattia, respingere lontano le frontiere del disordine, dell'anarchia e della morte estendendo sempre di più l'ordine della civilizzazione, della ragione, della morale e della conoscenza ⁽⁷⁹⁾. Medici e riformatori del Settecento, avvalendosi anche degli strumenti messi a disposizione dalla più moderna ricerca scientifica e soprattutto dal progresso nel campo della chimica, della fisica e dell'osservazione anatomico-fisiologica, sembrano accogliere, dunque, la sfida di giungere a conoscere i meccanismi che animano la società e il suo funzionamento, coglierne le disfunzioni, e,

eliminandole o semplicemente prevenendole, contribuire alla prosperità della nazione e al benessere della sua popolazione.

«Altronde - scrive il noto medico toscano Giacomo Barzellotti nella sua opera *Pulizia di Sanità* comparsa nel 1806 - non essendo che una chimera, per molti fatti raccolti da uomini sommi, che han seguitati i contagi dal primo loro sviluppo nei più occulti andamenti di essi fino alla total cessazione, che dessi possano senza un principio specifico che li produca spontaneamente svilupparsi e generarsi; e che le cause atmosferiche, come quelle dietetiche, anziché favorirne la propagazione, non ne abbiamo che motivato il principio e l'origine, danno un appoggio sempre più forte al legislatore, per credere e stabilire, che l'uomo può e deve esser liberato, come gli altri animali, da nemici estranei alla loro natura. Quindi valutando esso ciocché la fisica e la chimica gli somministrano di positivo per attaccarli e distruggerli; quanto la sagace medicina ha raccolto osservando sopra l'indole di ciascun contagio, sulla forza di esso, sulla modificazione cui non di rado per altre cagioni estranee alla di lui natura soggiace, può cavar partito sicuro per costruire il sistema o il codice di sanità, modificarne all'occasione le diverse leggi, riducendole a principi di ragione, e di giustizia, mettere in sicuro ed in accordo la vita, la salute, e l'interesse dei popoli e delle Nazioni» ⁽⁸⁰⁾.

Non rappresenta quindi un elemento accidentale la crescente importanza assunta nel corso del Settecento tanto dai mezzi d'indagine approntati dalla fisica, fra i quali ad esempio il termometro ed il microscopio, quanto dai nuovi ritrovati chimici ⁽⁸¹⁾, utili sia per la disinfezione ⁽⁸²⁾ sia per la terapia.

Guyton de Morveau (1737-1816), promotore assieme a Lavoisier, Berthollet e Fourcroy di una nuova nomenclatura chimica, pubblica a fine Settecento un *Traité des moyens de disinfester l'air, de prevenir la contagion et d'en corrèter les progrès*. Si tratta della prima espressione concreta di quella ricerca del disinfettante-deodorante chimico o dell'antimefitico in grado di vincere con il cattivo odore, ogni potere asfissiante e rischio epidemico ⁽⁸³⁾. Ma lo stesso potenziale innovativo, come in parte si è già anticipato accennando alla trasformazione degli speciali in moderni farmacisti, contribuisce a rivoluzionare anche i contenuti delle farmacopee ufficiali. Scomparsi dagli elenchi di spezieria molti dei farmaci più «stravaganti», al loro posto compaiono, pur conservandone talvolta l'antica denominazione, nuove composizioni, frutto della ricerca di laboratorio. Come era già accaduto in Germania, Francia, Austria

ed Inghilterra, anche il nuovo «Ricettario fiorentino» del 1789, ad esempio, voluto da Pietro Leopoldo, rompeva con la tradizione del passato, dando vasta risonanza alle scoperte di una chimica «sempre più coltivata ed estesa alla farmacia». Ne furono autori, con la collaborazione di Agostino Rensi, in qualità di estensore, i medici Luca Martini, Gesualdo Vannucci, Alessandro Bicchierai e gli speciali Ignazio Mini, Alberto Francesco Höfer e Pietro Giuntini ⁽⁸⁴⁾.

E non era tutto: la chimica e i suoi metodi di analisi applicati all'esame degli alimenti e delle bevande potevano rivelarsi di grande utilità per riuscire ad individuare preventivamente la presenza di eventuali componenti tossiche. In particolare, nel caso dell'acqua, saranno proprio le analisi chimiche, eseguite per carpire i segreti delle fonti medicamentose, a fornire i primi elementi utili per fissare i parametri del nuovo concetto di potabilità. In questo modo la scienza chimica, rivoluzionata nei contenuti e nel linguaggio dall'affermarsi delle concezioni di Lavoisier, sortita dai laboratori segreti per approdare nella vita di tutti i giorni, poneva la sua carica innovativa al servizio dell'utopia medica volta a scartare dall'organismo umano, così come la moderna scienza amministrativa dal corpo sociale, ogni causa di cattivo funzionamento o di disordine.

«Per quanto sia sempre stato disastroso e difficile - ammette, ad esempio, un altro medico toscano Ottaviano Targioni Tozzetti in una sua memoria dell'1 dicembre 1804 - l'estirpare certe pericolose malattie, pure le cognizioni, che abbiamo acquisite dallo studio, e dai progressi della chimica ci mettono in grado di potere con maggiore facilità e in breve tempo (lo che non potevano fare i nostri antecessori) debellare tali malattie e distruggerle interamente» ⁽⁸⁵⁾.

Al contributo dato dalla chimica e dalla fisica si aggiunge infine quello fornito dall'anatomia e dalla fisiologia i cui studi si svilupperanno nel corso della seconda metà del Settecento anche grazie ad una tecnica più perfezionata d'osservazione e di figurazione della struttura del corpo. Con l'iniezione di liquidi colorati nei vasi diviene possibile seguirne le ramificazioni, mentre con una migliore incisione, la fabbricazione dei primi modelli in cera e l'apparizione di importanti collezioni anatomiche si riesce a documentare il lavoro degli anatomisti e a diffonderne di conseguenza la conoscenza ⁽⁸⁶⁾. Fra i risultati più immediati di questa fase di rapida crescita vi è la messa a punto nella prima metà dell'Ottocento di alcuni strumenti d'indagine diagnostica fra cui si ricorda, solo per citare l'esempio più illustre, lo stetoscopio di Laënnec ⁽⁸⁷⁾.

È sulla traccia di questa ricca eredità settecentesca che vanno quindi eseguiti gli ulteriori sviluppi della politica sanitaria europea nel corso dell'Ottocento.

NOTE BIBLIOGRAFICHE

(¹) J. J. ROUSSEAU, *Il contratto sociale*, Milano, Mondadori, 1965, p. 141.

(²) Sull'esperienza cameralistica tedesca si vedano gli studi di P. SCHIERA, *Dall'arte di governo alle scienze dello stato. Il Cameralismo e l'assolutismo tedesco*, Milano, 1968 e di R. A. DORWART, *The Prussian Welfare State before 1740*, Cambridge/Harvard, University Press, 1971. Più nello specifico, per quanto riguarda invece l'aspetto politico-sanitario, è illuminante il saggio di G. ROSEN, *Cameralism and the Concept of Medical Police*, in *From Medical Police to Social Medicine: Essays on the History of Health care*, New York, Scienze History Publications, 1974, pp. 120-141, cui si può unire, per la comprensione dello stesso fenomeno in ambito austriaco, lo studio di E. LESKY, *Österreichisches Gesundheitswesen im eitaler des aufgeklärten Absolutismus*, Wien, R. M. Rohrer, 1959, pp. 100-115.

(³) *An essay on the principle of population as it effects the future improvement of society* comparve in prima edizione anonima nel 1798 (Londra, J. Johnson).

(⁴) Il principio di sviluppo di una nazione come effetto del numero e della «posanza» della sua popolazione fu idea sostenuta già a fine Cinquecento da Giovanni Botero (1544-1617);

«Prima, egli è necessario l'aver gente assai conciosiaché, come diceva Servio Tullio, ad una città, che aspira ad imprese grandi, nissuna cosa è di maggior bisogno che la numerosa moltitudine de' cittadini, dei quali essa possa confidentemente prevalersi nelle fazioni militari, perché i pochi, o per furia di peste, o per qualche disdetta, sono facilmente rovinati» (G. BOTERO, *Della ragion di Stato libri dieci co tre libri delle cause della grandezza e magnificenza delle città*, edizione a cura di L. Firpo, Torino, Utet, 1948, p. 238).

Per ulteriori notizie sulle teorie della popolazione in epoca premalthusiana si veda a cura di G. GIOLI, *Le teorie della popolazione prima di malthus*, Milano, Angeli, 1987 e, pur sempre valido, di R. GONNARD, *Histoire des doctrines de la population*, Paris, Nouvelle Librairie Nationale, 1923.

(⁵) V. RACHETTI, *Teoria della prosperità fisica delle nazioni ne' rapporti d'economia pubblica, ossia esposizione de' principi politici, che servono di base a tutta l'opera*, Milano, Dalla Stamperia e Fonderia al Genio Tipografico, 1802, vol. I, pp. XXIX-XXX.

(⁶) A riprova credo sia sufficiente registrare la frase di Johann Peter Frank che lo stesso Rachetti antepone alla sua opera (*Ibidem*):

«Nescio igitur, quomodo Magistratus... immoto pectore populorum strages ingentes, mortalitatem ubique auctam, hominumque constitutionem in dies degenerantem adspicere queant, sine omni conatu, serpenti tandem obicem ponendi malo, et quocumque demum remedio succurrendi periculo».

(⁷) *Ibidem*, p. XII.

(⁸) G. PANSERI, *Il medico: note su un intellettuale scientifico italiano nell'Ottocento in Storia d'Italia. Annali 4: Intellettuali e potere* a cura di Corrado Vivanti, Torino, Einaudi, 1981, p. 1135.

(⁹) *Ibidem.*

(¹⁰) Sull'opera e la vita di questi tre illustri medici del Settecento esiste oramai un'ampia bibliografia. Mi limito pertanto a citare gli studi di H. HAUBOLD, *Johann Peter Franck, der Gesundheits- und Rassenpolitiker des 18. Jahrhunderts*, München-Berlin, Lehmanns, 1939, A. S. EMCH-DÉRIAZ, *Towards a social conception of health in the second half of the eighteenth century: Tissot (1728-1797) and the new preoccupation with health and well-being*, Ph. D., University of Rochester, 1984 e cura di E. LESKY & A. WANDRUSZKA, *Gerard van Swieten und seine Zeit: internationales Symposium veranstaltet von der Universität Wien im Institut für Geschichte der Medizin, 8-10 mai 1972*, Wien-Köln-Graz, Böhlau, 1973 che più si soffermano sull'attività politico-amministrativa svolta da questi tre personaggi. Sul ruolo specifico svolto da altri medici all'interno di gruppi di riformatori si veda inoltre per il caso della Toscana il saggio di G. PONTERA, *Medici, medicina e riforme nella Firenze della seconda metà del Settecento* in «Società e storia», anno VII (1984), n. 26, pp. 783-820.

(¹¹) R. A. DORWART, *The Royal college of medicine and public health in Brandenburg-Prussia, 1685-1740* in «Medical history», anno II (1958), n. 1, pp. 13-23.

(¹²) *Ibidem.*

(¹³) A. MALAMANI, *L'organizzazione sanitaria nella Lombardia austriaca* in *Economia, istituzioni, cultura in Lombardia nell'età di Maria Teresa* a cura di Aldo De Maddalena, Ettore Rotelli e Gennaro Barbarisi, Bologna, Il Mulino, 1982, vol. III, pp. 991-1010. Dell'organizzazione sanitaria nella Lombardia austriaca si occupa anche A. PARMA, *Dall'amministrazione patrizia all'amministrazione moderna: la sanità nello Stato di Milano*, in *L'amministrazione nella storia moderna*, vol. I, a cura dell'Istituto per la scienza dell'amministrazione pubblica, Milano, Giuffrè, 1985, pp. 293-358.

(¹⁴) J. BRAU, *L'ordre de la santé. Pour une histoire sociale des professions médicales en Toscane (1765-1815)*, tesi di dottorato, Istituto Universitario Europeo, Fiesole (FI) 1990, vol. I, p. 284.

(¹⁵) Su questi temi si veda l'interessante studio di E. BRAMBILLA, *La medicina del Settecento: dal monopolio dogmatico alla professione scientifica* in *Storia d'Italia. Annali 7: Malattia e medicina* a cura di Franco Della Peruta, Torino, Einaudi, 1984, pp. 3-147.

(¹⁶) Della riforma dell'università viennese attuata nei primi anni della seconda metà del Settecento dal van Swieten si occupa E. LESKY, *The development of bedside teaching at the Vienna medical school from scholastic times to special clinics*, relazione all'«International symposium on the history of medical education» svoltosi a Los Angeles, 5-9 febbraio 1968, edited by C. D. O'Malley, Berkeley-Los Angeles-London, University of California press, 1970, pp. 217-234.

(¹⁷) Sulla riforma settecentesca dell'università salamantina e più in generale di quella spagnola si vedano gli studi di L. S. GRANJEL, *La medicina española del siglo XVIII*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 1979 e di M. PESET & J. L. PESET, *Carlos IV y la Universidad de Salamanca*, Madrid, Consejo superior de investigaciones científicas Instituto «Arnau de Vilanova», 1983; *Gregorio Mayans y la reforma universitaria*, Valencia, s.e., 1975 e *La universidad española (siglos XVIII y XIX): despotismo ilustrado y revolución liberal*, Madrid, Taurus, 1974.

(¹⁸) Dei cambiamenti nell'insegnamento della medicina in Francia e in particolare a Parigi verso la fine del secolo XVIII si occupa E. H. ACKERKNECHT, *La médecine hospitalière a Paris: 1794-1848*, Paris, Payot, 1986.

(¹⁹) Per quanto riguarda la facoltà medica patavina e la sua riforma alcune utili indicazioni sono fornite da G. GUDERZO, *La riforma dell'università di Pavia*, in *Economia, istituzioni, cultura...*, vol. III, pp. 845-861 e da B. ZANOBIO, *Sulla riforma dell'insegnamento della medicina nella università di Pavia al tempo di Gerard van Swieten*, in *Gerard van Swieten und seine Zeit...*, cit., pp. 107-117.

(²⁰) Allo sviluppo della chirurgia come scienza medica ha dedicato un proprio accurato studio T. GELFAND, *Professionalizing modern medicine: Paris surgeons and medical science and institutions in the eighteenth century*, Westport, 1980.

(²¹) Si veda a titolo d'esempio di G. PASTA, *Il galateo dei medici*, Pavia 1791, successivamente pubblicato nel 1796, 1812 e 1821.

(²²) Su questa normativa si veda di E. LESKY, *Österreichisches Gesundheitswesen...*, cit., pp. 58-97.

(²³) Sulla storia e l'importanza delle topografie mediche si veda oltre allo studio di E. RENZETTI in questi stessi atti, i saggi di A. FISCHER, *Medizinische Topographien, ihre Geschichte und ihre Bedeutung für die soziale Hygiene* in «Sozialhygienische mitteilungen», 1924, n. 8, pp. 17-25, di M. D. GRMEK, *Géographie médicale et histoire des civilisations* in «Annales: économies sciétés civilisations», 1963, pp. 1071-1097, di J. BRUGELMANN, *Observations on the process of medicalization in Germany, 1770-1830, base on medical topographies*, in *La médicalisation de la société française: 1770-1830*, editet by Jean-Pierre Goubert, Historical reflections, vol. IX (1982), nn. 1-2, pp. 131-149 e di J.-P. PETER, *Aux sources de la médicalisation, le regard et le mot: le travail des topographies médicales*, in *Populations et cultures. Etudes réunies en l'honneur de François Lebrun*, Rennes, 1989, pp. 103-111.

(²⁴) W. LEPENIES, *La fine della storia naturale: la trasformazione di forme di cultura nelle scienze del XVIII e XIX secolo*, Bologna, Il mulino, 1991, pp. 193-218.

(²⁵) V. RACHETTI, *Teoria della prosperità...*, cit., p. CXVIII.

(²⁶) Archivio di Stato di Milano, *Sanità p.a.*, cart. 186.

(²⁷) Se ne occupa per il territorio pavese A. MALAMANI, *La distribuzione territoriale delle condotte mediche nel pavese: dai progetti di riforma alla realizzazioni parziali (1774-1793)*, in «Annali di storia pavese», n. 4-5, dicembre 1980, pp. 305-318.

(²⁸) C. BECCARIA, *Sul regolamento delle condotte mediche e chirurgiche forensi, 1784*, in *Opere*, Firenze, Sansoni, 1958, tomo II, pp. 312-343.

(²⁹) Si veda in proposito di C. M. CIPOLLA, *Origine e sviluppo degli uffici di sanità in Italia*, in «Annales cisalpinnes d'histoire sociale», anno I (1793), n. 4, pp. 83-101.

(³⁰) Il progetto del van Swieten prevedeva l'insediamento in ogni circolo e distretto giudiziale rispettivamente di un medico circolare e di un medico distrettuale incaricati di collaborare con le autorità politiche nella conduzione degli affari di sanità. Inoltre per ogni provincia era prevista l'istituzione di un protofisico (cfr. P. SLEZAK, *Geschichte der österreichischen anitätsverwaltung*, Wien-Innsbruck, Urban & Schwarzenberg, 1956, in particolare le pp. 19-28).

(³¹) Sulla Société royale de médecine si vedano gli importanti studi di J. P. DESAI-VE, J. P. GOUBERT, E. LE ROY LADURIE, J. MEYER, O. MULLER & J. P. PETER raccolti nel volume *Médecins, climat, et épidémies à la fin du XVIII siècle*, Paris 1972.

(³²) S. A. TISSOT, *Avvertimenti al popolo sopra la sua salute*, Venezia, presso Antonio Zatta, 1766.

(³³) Gli studi sugli almanacchi e più in generale sulla produzione di stampa a de-

stinazione popolare, fra cui ad esempio lunari e calendari, sono stati al centro di molteplici interessi soprattutto in Francia dove sono comparsi numerosi e sistematici studi sull'argomento. Si vedano, ad esempio, G. BOLLEME, *Les almanachs populaires aux XVII et XVIII siècles: essai d'histoire sociale*, Paris Mouton, 1969; ID., *La bibliothèque bleue: la littérature populaire en France du XVII au XIX siècle*, Paris, Gallimard/Julliard, 1971; ID., *La Bible bleue. Anthologie d'une littérature populaire*, Paris, Flammarion, 1975; ID., *Littérature populaire et littérature de colportage*, in *Livre et société dans la France du XVIII siècle*, Paris, Mouton, 1965; R. MANDROU, *De la culture populaire aux 17e et 18e siècle: la bibliothèque bleue de Troyes*, Paris, Stock, 1964; R. MUCHENBLED, *Culture populaire et culture des élites*, Paris, Flammarion, 1978 (ora anche in edizione italiana, Bologna, Il mulino, 1991); P. BROCHON, *Le livre de colportage en France depuis le XVI siècle*, Paris, Grund, 1954 e più recentemente i lavori di R. CHARTIER raccolti in *Histoire de l'édition française*, vol. 2, *Le livre triomphant (1660-1830)*, Paris, Promodis, 1982 e *Lecture e lettori nella Francia di Antico Regime*, Torino, Einaudi, 1988.

Anche altrove gli almanacchi sono stati oggetto di studio e approfondita indagine: si vedano ad esempio il quadro della stampa popolare inglese tracciato da B. CAPP, *Astrology and the populars press: english almanacs, 1500, 1800*, New York, Cornell University press, 1979, i saggi di R. SCHENDA, *Folklore e letteratura popolare: Italia, Germania, Francia*, Roma, Istituto dell'Enciclopedia italiana, 1986 e non ultimo l'introduzione storica di G. SOLARI al catalogo *Almanacchi, lunari e calendari toscani tra Settecento e Ottocento*, Firenze, Giunta Regionale Toscana, 1989 pp. VIII-LXIII cui mi sono rifatto per questa breve nota bibliografica. Per ulteriori informazioni critico-bibliografiche si consiglia inoltre il saggio di M. CUAZ, *Almanacchi e «cultura media» nell'Italia del Settecento* in «Studi Storici», anno XXV (1984), n. 2, pp. 353-361.

(³⁴) E. RENZETTI - R. TAIANI, *Sulla pelle del villano. Profili di terapeuti e metodi di cura empirica nella tradizione trentina*, San Michele all'Adige (TN), Museo degli Usi e Costumi della Gente trentina, 1988.

(³⁵) «L'aria nelle città - secondo quanto osserva V. RACHETTI, *Teoria della prosperità...*, cit., pp. XCI-XCII - è corrotta, viziata, alterata in modo molteplice dall'inondazioni de' torrenti, de' fiumi; dalle mofete che si sviluppano, mercè l'evaporazione delle vicine paludi, delle fosse stagnanti, del limo delle risaie; dalla corruzione delle materie, sì vegetabili, che animali; dall'esalazioni delle fogne, delle latrine, dei sepolcri; dall'accumulamento degli edifici; dall'eccessivo affollamento degli abitanti; dalla copiosa respirazione ne' luoghi di pubblico concorso; dalla putrida fermentazione di sostanze sepolte ne' sotterranei, i cui spiragli sono aperti nelle vie pubbliche; dagli effluvi fetidi, che tramandano le officine d'alcune arti insalubri, e schifose; dal fango, dalla polve, dall'immondezza delle vie pubbliche; da quando insomma può alterar l'indole, e la natura di questo fluido animatore di nostra vita».

(³⁶) A. S. EMCH-DÉRIAZ, *Towards a social conception of health...*, p. 321.

(³⁷) J. P. FRANK, *Sistema compiuto di polizia medica*, Milano, Pirotta e Maspero, 1808, vol. VII, pp. 245-346.

(³⁸) R. VIVIANI, *L'igiene in un secolo di trasformazioni urbane* in *Storia della sanità in Italia. Metodo e indicazioni di ricerca* a cura del Centro italiano di storia ospitaliera (CISO), Roma, Il Pensiero Scientifico, 1978, p. 80.

(³⁹) C.-L. CADET DE GASSICOURT, *Voyage en Autriche, en Moravie et en Bavière fait a la suite de l'armée française pendant la campagne de 1809*, Paris, L'Huillier, 1818, pp. 310-311.

(⁴⁰) Su questo tema restano fondamentali i contributi di P. ARIES, fra i quali si se-

gnala *Storia della morte in Occidente: dal Medioevo ai giorni nostri*, Milano, Rizzoli, 1978, in particolare le pp. 50-67 e 163-178.

(41) *Bandi e ordini del Granducato di Toscana pubblicati in Firenze dal dì primo gennaio MDCCLXXXII a tutto dicembre MDCCLXXXIII...*, Firenze, per Gaetano Cambiagi, 1784, titolo 80.

(42) Secondo quanto segnalato da M. MIRRI, *Riflessioni su Toscana e Francia: riforme e rivoluzione* negli atti del convegno «1789 in Toscana: la Rivoluzione Francese nel Granducato» pubblicati nell'*Annuario dell'Accademia etrusca di Cortona*, anno XXIV (1990), p. 188. Lo stesso autore, in questo suo articolato intervento, sottolinea l'importanza della discussione sulle sepolture nell'ambito di un più ampio processo riformatore, che così in Toscana come in altri paesi europei, guarda con interesse del tutto nuovo ai settori della medicina sociale e della politica sanitaria (*Ibidem*, pp. 147-148).

(43) V. RACHETTI, *Teoria della prosperità fisica...*, cit., pp. LXXIV-LLXV.

(44) D. ROCHE, *Le temps de l'eau rare du Moyen Age à l'époque moderne* in «Annales: économies cosités civilisations», 1984, pp. 383-399.

(45) J.-P. GOUBERT, *La conquête de l'eau. L'avènement de la santé à l'âge industriel*, Paris, Laffont, 1986.

(46) Secondo quanto citato da R. STEDILE, *Ospedali e sanità a Rovereto nel XVIII secolo*, Calliano (TN), Manfrini, 1990, p. 222.

(47) R. H. SHRYOCK, *Storia della medicina nella società moderna*, Milano, Isedi, 1977, p. 58.

(48) *Ivi*, p. 47.

(49) *Ibidem*.

(50) Per l'Italia l'argomento è affrontato da B. FADDA, *L'innesto del vaiolo: un dibattito scientifico e culturale nell'Italia del Settecento*, Milano, Angeli, 1983.

(51) R. H. SHRYOCK, *Storia della medicina...*, cit., p. 48.

(52) Ne fa menzione lo stesso sovrano Pietro Leopoldo, *Relazioni sul governo della Toscana* a cura di A. Silvestrini, Firenze, Olschki, 1969-1974, 3. v., pp. 152-153 che in relazione all'editto del 4 ottobre 1783 che aboliva il citato regolamento del 1754 parla dell'«antico pregiudizio» che colpiva i tisici trattati in Toscana al pari degli appestati.

(53) Secondo quanto proposto nella memoria manoscritta *Brevi riflessioni riguardo alla sanità e pubblico bene* consegnata al Magistrato Consolare di Trento nel 1792 in vista di un nuovo proclama con cui si sarebbe dovuto ridefinire l'intervento in ambito sanitario dell'organismo amministrativo comunale (cfr. E. RENZETTI, R. TAIANI, *Medicina culta e medicina tradizionale: figure professionali di operatori sanitari in una fonte trentina del XVIII secolo*, in *Il Trentino nel Settecento fra Sacro Romano Impero e antichi stati italiani*, a cura di Cesare Mozzarelli e Giuseppe Olmi, Bologna, Il Mulino, 1985, pp. 921-961).

(54) G. PALLONI, *Osservazioni mediche sulla malattia febrile dominante*, in *Livorno per servire d'istruzione ai signori medici destinati al servizio del nuovo spedale provvisorio di S. Jacopo*, Livorno, Masi, 1804, pp. 33-34.

(55) L'indebolimento organico come conseguenza delle pessime condizioni di vita indotte dalla miseria e come causa principale della maggiore diffusione di talune malattie è un termine ampiamente utilizzato nel corso del Settecento e ancora all'indomani del difficile triennio 1815-1817, per spiegare i tanti episodi epidemici rilevati un po' ovun-

que in contesto europeo. Lo stesso Frank fu autore di una nota dissertazione accademica dal titolo assai esplicativo di *De populorum miseria morborum genitrice*.

(⁵⁶) Su questo argomento si sofferma S. J. WOOLF, *Porca miseria. Poveri e assistenza nell'età moderna*, Bari-Roma, Laterza, 1988, in particolare le pp. 37-43.

(⁵⁷) T. M. CAFFARATTO, *L'ostetricia, la ginecologia e la chirurgia in Piemonte dalle origini ai giorni nostri*, Saluzzo (TO), Vitalità, 1973, in particolare le pp. 97-127.

(⁵⁸) L'istruzione delle ostetriche fu affidata al medico Giacomo Tranquillini (R. STEDILE, *Ospedali e sanità a Rovereto...*, cit., pp. 174-175) il quale mantenne l'incarico probabilmente fino al 1774, anno in cui fu emanata la legge che definiva l'ordinamento di tutte le scuole ostetriche dei paesi riuniti sotto la dominazione austro-ungarica (E. DEBIASI, *Raccoglitrice-comare-mammanna-levatrice-ostetrica*, in «Atti dell'Accademia roveretana degli Agiati», serie VI, 1981, vol. 20 B, p. 245). Una circolare del 12 maggio 1775 comunicava, infatti, l'apertura ad Innsbruck, il 15 maggio successivo, della scuola per ostetriche «in cui colle machine, o sia istrumenti venuti da Vienna» si sarebbero istruite tutte le levatrici inviatevi dalle comunità (Archivio di Stato di Trento, *Ufficio vicariale di Königsberg-Grumes-Lavis, Sanità*, 1748-1784, cart. nn.).

Altre notizie sulle principali scuole d'ostetricia aperte in Italia nella seconda metà del Settecento si possono reperire in C. PANCINO, *Il bambino e l'acqua sporca: storia dell'assistenza al parto dalle mammane alle ostetriche (secol XVI-XIX)*, Milano, Angeli, 1984, in particolare le pp. 92-126).

(⁵⁹) Sulle vicende di questa scuola, progettata fin dal 1769, si veda di N. LANZILOTTI-BUONSANTI, *La R. Scuola superiore di medicina veterinaria di Milano nel suo primo centennio (1791-1891): storia documentata, pubblicata nell'occasione delle feste pel centenario nel settembre 1891*, Milano, Tip. P. Agnelli, 1891.

(⁶⁰) Di questa seconda scuola, che formò la gran parte dei veterinari europei che furono poi incaricati dai governi dei rispettivi paesi di provenienza di dar vita ad altrettanti istituti di formazione, esiste una dettagliata storia scritta da A. RAILLIET & L. MOULE, *Histoire de l'ecole d'Alfort*, Paris, Asselin et Houzeau, 1908.

Più in generale per quanto riguarda le altre scuole italiane ed europee si veda di V. CHIODI, *Storia della veterinaria*, Bologna, Edagricole, 1981, in particolare le pp. 445-485.

(⁶¹) A. ANNONI, *Assistenza e beneficenza nell'età delle riforme*, in *Economia, istituzioni, cultura...*, cit., pp. 955-956.

(⁶²) R. DORWART, *The prussian welfare state...*, cit., pp. 268-269. Lo stesso autore colloca, per la Prussia, l'inizio di questo processo nel periodo compreso tra il 1685 e il 1740.

Più in generale per la storia della farmacia e delle altre arti sanitarie si veda di M. LAIGNEL-LAVASTINE, *Histoire générale de la médecine, de la pharmacie, de l'art dentaire et de l'art vétérinaire*, Paris, Michel, 1936-1949, 3 vv.

(⁶³) Archivio di Stato di Trento, *Ufficio vicariale di Königsberg-Grumes-Lavis, Sanità*, 1748-1784, cart. nn.

(⁶⁴) *Ibidem*.

(⁶⁵) R. A. DORWART, *The prussian welfare state...*, cit., pp. 240-254.

(⁶⁶) ISAMBERT, *Recueil général des anciennes lois françaises*, Paris, 1830, tome XX, pp. 508-517.

(⁶⁷) Cfr. nota 22.

(⁶⁸) Archivio di Stato di Trento, *Ufficio vicariale di Königsberg-Grumes-Lavis, Sanità*, 1748-1784, cart. nn.

(⁶⁹) Tiroler Landesarchiv di Innsbruck, *Jüngerer Gubernium, Sanität, 1788*, fasc. 2399 riportata in R. STEDILE, *Ospedali e sanità a Rovereto...*, cit., pp. 169-171. Fra i tariffari successivamente approvati e pubblicati vi è il *Regolamento normale intorno alle tasse a perpetua inalterabile osservanza stabilite per li Medici, Chirurghi ed Ostetrici* emanato il 17 giugno 1801 dal Governo dell'Austria superiore.

(⁷⁰) V. RACHETTI, *Teoria della prosperità fisica...*, cit., p. CXXXII-CXXXIII.

(⁷¹) È quanto suggerisce, ad esempio, il medico toscano Giovanni Gentile nella seconda metà del Settecento (M. PRUNAI FALCIANI, *Dagli autografi di Giovanni Gentile* in «Studi livornesi», vol. III (1988), pp. 157-164.

(⁷²) Sulla traccia, ad esempio, di quelli studiati nel suo saggio da R. STEDILE in questi stessi atti.

(⁷³) P. FRASCANI, *Ospedali, malati e medici dal Risorgimento all'età giolittiana*, in *Storia d'Italia, Annali* 7..., cit., p. 299.

(⁷⁴) *Les machines à guérir. Aux origines de l'hôpital moderne*, Bruxelles-Liège, Mardaga, 1979.

(⁷⁵) «Ce grand établissement - racconta ad inizio secolo il viaggiatore francese Cadet de Gassicourt - a été très vanté, et mérite en partie sa célébrité. Les cors sont spacieuses, les bâtiments isolés et bien distribués, les communications faciles. Il peut contenir 4000 malades distribués dans 111 salles, sa voir: 61 pour les hommes, et 50 pour les femmes, de manière que chaque salle ne contient que 30 et quelques malades. Chaque salle a 26 pieds de longs, 17 de large, 8 de haut. On a conservé entre chaque ruelle de lit, 2 pieds et demi d'espace. Les salles sont éclairées des deux côtés: l'air y circule facilement. On a négligé de mettre près de chaque lit une table pour poser les médicaments, mais on y voit un chaise couverte. Les lits n'ont point de rideaux. Au chevet, on remarque un tableau noir, divisé en colonnes dans lesquelles on inscrit le nom du malade, son âge, sa profession, le genre de sa maladie, le nom du médecin qui le traite, l'état dans lequel il était lors de sa dernière visite, et les médicaments qu'on lui a prescrits [...]. Deux salles de clinique externe et interne sont destinées à l'instruction des élèves: elles ne contiennent chacune que douze lits» (C.-L. CADET DE GASSICOURT, *Voyage en Autriche...*, cit., p. 323).

(⁷⁶) G. NALBONE, *I viaggi di Howard: la «scoperta» e la denuncia della realtà del carcere*, in *La scienza e la colpa. Crimini criminali criminologi: un volto dell'Ottocento*, a cura di Umberto Levra, Milano, Electa, 1985, pp. 136-137.

(⁷⁷) *Ibidem*.

(⁷⁸) R. VILLA, *Il progetto del carcere di Milano e i tentativi di riforma settecentesca*, in *La scienza e la colpa...*, cit., p. 138.

(⁷⁹) J. P. PETER, *Le grand rêve de l'ordre médical en 1770 et aujourd'hui* in «Autrement», 1975-76, n. 4, pp. 183-193.

(⁸⁰) G. BARZELLOTTI, *Polizia di sanità per evitare i contagi, e distruggerli conservare la vita, la salute, e gl'interessi dei popoli e delle Nazioni*, Siena, nella Stamperia di Onorato Porri, 1806, pp. XII-XIV.

(⁸¹) Sugli sviluppi della chimica settecentesca si veda di J. R. PARTINGTON, *Chemistry through the eighteenth century* in *Natural philosophy through the 18th century and allied topics* a cura di A. FERGUSON, LONDON, 1972, pp. 47-66; di M. CROSLAND, *The development of chemistry in eighteenth century* in «Studies in Voltaire and the eighteenth century», anno XXIV (1963), pp. 369-441; di W. BOHM, *Die philosophischen Grundlagen der Chemie des 18. Jahrhunderts* in «Archives internationales d'histoire des sciences», an-

no LXVI (1964), pp. 3-32; di J. I. SOLOV'EV, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*, Milano, Mondadori, 1976, pp. 40-159; di H. M. LEICESTER, *Storia della chimica*, Milano, ISEDI, 1978, pp. 126-159; di M. CROSLAND, *Chemistry and the chemical Revolution in The ferment of knowledge* a cura di G. S. ROUSSEAU & R. PORTER, Cambridge, 1980, pp. 389-416; di E. STRÖKER, *Theoriewandel in der Wissenschaftsgeschichte. Chemie in 18. Jahrhundert*, Frankfurt am Main, 1982; di F. ABBRI, *Le terre, l'acqua e la arie. La rivoluzione chimica del Settecento*, Bologna, 1984 e di A. KLEINERT, *Mathematik und anorganische Naturwissenschaften in Wissenschaften in Zeitalter der Aufklärung*, Göttingen, 1985, pp. 218-248.

(⁸²) È utile osservare come il termine di disinfezione nasca e si diffonda, secondo quanto suggerito da A. PAZZINI, *L'uomo e le malattie*, Milano, Bompiani, 1948, p. 132, proprio nel corso del Settecento.

(⁸³) A. CORBIN, *Storia sociale degli odori: XVIII e XIX secolo*, Milano, Mondadori, 1983, p. 147.

(⁸⁴) A. CORRADI, *Le prime farmacopee italiane ed in particolare dei ricettari fiorentini. Memorie*, Milano, Rechidei, 1887, pp. 78-82.

(⁸⁵) Archivio di Stato di Firenze, *Segreteria di Stato 1765-1808, Affari di sanità*, filza 133, memoria del medico Ottaviano Targioni Tozzetti dell'1 dicembre 1804.

(⁸⁶) R. H. SHRYOCK, *Storia della medicina...*, cit., pp. 36-51.

(⁸⁷) M. TIMIO, *Da Laennec a Littmann: la storia rivoluzionaria della strumentazione ascoltatoria in Medicina e storia. Atti del XXXI congresso nazionale di storia della medicina* a cura di Olivio Galeazzi, Ancona-Bologna, Il lavoro editoriale, 1986, vol. II, pp. 54-66.

RENATO STEDILE

REGOLAMENTI OSPEDALIERI NEL '700 E '800 A ROVERETO

La storia ospedaliera di Rovereto affonda le sue origini nel tardo medioevo. Risale al XIV secolo infatti l'ospedale intitolato a S. Maria e Elisabetta, voluto da Guglielmo di Castelbarco, eretto ai piedi del castello e inizialmente gestito dalla Fredaglia della Disciplina. Sul finire del XVI secolo questo piccolo ospedale, costituito da alcune stanze umide ed insalubri e diretto da un massaro nominato dal Comune, venne trasferito presso la chiesa di S. Tommaso, poco oltre il ponte sul torrente Leno. L'ospedale di S. Tommaso cessò forzatamente l'attività nel 1788, sotto la spinta razionalizzatrice delle riforme giuseppine ⁽¹⁾. Nel caso di queste due istituzioni, più che di veri e propri ospedali comunemente intesi, si deve parlare in realtà di strutture preposte a fornire assistenza genericamente intesa, ad elargire elemosine per il sostentamento dei poveri, ad assistere orfanelli, ad ospitare pellegrini.

Nel 1713 sorse un altro ospedale con sede presso la piccola chiesa di Loreto, sede che venne abbandonata nel 1889 perché diventata ormai troppo ristretta e inadeguata. Venne fondato per scopi caritativi e filantropici dalla ricca Confraternita dei santi Rocco e Sebastiano, tra i membri della quale troviamo oltre a numerosi artigiani e filatori, anche ricchi negozianti, mercanti di seta ed esponenti delle famiglie più importanti della città ⁽²⁾. Per via della sua ubicazione, nei documenti è denominato come Spedale o Ospitale di Loreto.

Quali erano le finalità sociali di questa istituzione, come era organizzata, come funzionava, qual era la vita interna all'ospedale e come si è modificato nel corso del XVIII e XIX secolo? È possibile dare qualche risposta a questi interrogativi, anche se in maniera parziale, analiz-

zando brevemente i vari regolamenti dell'ospedale di Loreto formalizzati in quattro momenti diversi nel corso dei due secoli considerati ⁽³⁾.

Il primo regolamento, o Capitoli, risale al 1715. Il 10 giugno di quell'anno la congrega della Confraternita formalizzò infatti le norme che regolavano l'istituzione, condensate in otto scarni articoli ⁽⁴⁾. La premessa di questo regolamento sottolinea che l'ospedale è stato eretto con lo scopo di impedire che i confratelli più poveri morissero privi di assistenza e abbandonati. L'ospedale quindi doveva dare «alloggio principalmente... ai confratelli infermi e bisognosi». La necessità del ricovero era stabilita dai Guardiani della Confraternita, che dovevano verificare le condizioni di povertà del confratello. Quando le risorse finanziarie disponibili lo permettevano, il piccolo ospedale, che viveva grazie alle offerte dei confratelli più ricchi, forniva ai poveri malati anche il vitto oltre all'alloggio. I Guardiani della Confraternita avevano la supervisione dell'ospedale e dovevano costantemente vigilare affinché gli infermi eventualmente rimessi «in stato di salute, venghino (...) licenziati e reso libero il loco a comodo di altri bisognosi». I capitoli prevedevano anche la presenza costante all'interno della struttura di un ospedaliere preposto alla custodia degli infermi. Dal tenore dei capitoli emergono chiaramente le caratteristiche essenziali dell'ospedale di Loreto: inizialmente è assimilabile ad un ospizio dove è garantita soprattutto la possibilità di morire dignitosamente e comunque muniti dei santi sacramenti; le finalità medico-terapeutiche sono invece alquanto marginali.

Nel 1760 la Confraternita matura l'esigenza di formalizzare un nuovo regolamento che viene materialmente redatto nel 1762 e pubblicato quattro anni dopo in ben 300 copie ⁽⁵⁾. Con i nuovi Capitoli, suddivisi in dieci corposi articoli, si introducono precise norme di comportamento e si codificano i ritmi e i tempi dell'organizzazione, dando così una nuova e ben definita impostazione all'ospedale stesso.

Fin dalle prime righe si ribadisce la sacralità del «luogo pio», destinato ai poveri dalla divina provvidenza al fine di sollevarne le miserie e l'infermità. Nell'ambiente interno la presenza di qualsiasi elemento profano è proibita mentre vanno stimolati i sentimenti di devozione e carità cristiana con le immagini dei santi e dei benefattori opportunamente appese in tutte le stanze. I malati sono tenuti a confessarsi e a comunicarsi una volta al mese. Questa attenzione e solerzia rivolta alla pulizia dell'anima e alla cura spirituale è tipica degli ospedali dell'epoca e in particolare di quelli promossi e affidati alla gestione di movimenti religiosi o con carattere simile come possono essere le confraternite.

Il secondo capitolo del regolamento riguarda l'importante procedura relativa all'accettazione degli ammalati in ospedale. Il requisito ne-

cessario per poter essere ricoverati è la condizione di povertà e di malattia reale. Tre categorie di persone sono escluse dalla possibilità di ottenere ricovero: coloro che possono provvedere al loro sostentamento, cioè quelli che hanno «polso e modo di farsi in altra guisa curare»; quelli che non sono effettivamente ammalati e cioè i vecchi e gli impotenti; gli ammalati di malattie contagiose e incurabili. Il capitolo elenca inoltre due gruppi di malattie teoricamente escluse. Il primo è costituito da malattie ritenute incurabili: infermi di etica, cancro invecchiato, flusso epatico, sciatica, podagra, scrofole, carboni maligni, erpeti, mania; il secondo gruppo invece è composto da malattie considerate contagiose quali la lebbra, la tisi, il mal gallico, la rogna, le ulcere piagate. Il nulla osta per il ricovero è rilasciato dai Rettori, cioè i Guardiani della Confraternita, dopo opportuna visita effettuata insieme al medico per verificare sia le condizioni di effettiva povertà del malato, sia se il tipo di malattia rientra nella casistica delle patologie ospedalizzabili. La rigidità di queste disposizioni sono in realtà attenuate da ragioni di carità cristiana. Il regolamento dispone infatti che se «il mal contagioso, o incurabile sopravvenisse, o si scoprisse, dopoché l'infermo è stato accettato e portato nello Spedale, non volendo la ragione, né la carità, che sia escluso, sarà tosto separato dagli altri, e nelle camere posto per quelli mali destinate fuori nelle infermerie». Particolare attenzione viene quindi posta per evitare i rischi di contagio, pur con i limiti delle scarse cognizioni scientifiche che si avevano all'epoca su tale argomento.

Il malato può portare con sé i propri mobili che vengono inventariati, custoditi in apposito locale e restituiti al momento della dimissione. In caso di morte, i mobili restano di proprietà dell'ospedale come indennizzo delle spese sostenute per la degenza.

I capitoli successivi precisano dettagliatamente i ruoli del personale religioso, delle varie figure amministrative e le competenze degli operanti sanitari.

Il cappellano assicura il conforto spirituale degli infermi e controlla l'adempimento dei legati per le sante messe.

Il capitolo quarto definisce le competenze e le responsabilità dei due rettori dell'ospedale: essi hanno la «totale soprintendenza allo spedale, comanderanno, e disporranno in tutto e gli altri dipenderanno da essi». Ai rettori è affidata in particolare l'importante responsabilità di accettare il ricovero dei malati sottoscrivendo il «viglietto» d'ingresso che viene controfirmato dal tesoriere e presentato quindi allo Spedaliere, il quale può così ricevere l'infermo che lo presenta. I rettori si incaricano di dimettere quei malati che il medico ritiene guariti. Mensilmente visitano ed ispezionano l'ospedale «animando gl'infermi alla pazienza, e i mini-

stri al zelo, e alla carità: invigileranno, che ognuno de' ministri faccia esattamente il suo dovere». Inoltre controllano che il comportamento degli ospiti sia moralmente degno e conforme alla sacralità del luogo.

Il capitolo quinto regola invece le competenze del tesoriere, scelto fra «persone di buona coscienza, credito ed abilità». Egli ha la responsabilità di «tenere esattissimo conto di tutte le rendite dello Spedale, ricevere l'entrate, riscuotere gli affitti». Si occupa direttamente dell'approvvigionamento del vitto e della biancheria, «provvedendo all'ingrosso ogni cosa». Tiene aggiornati i rettori relativamente alle elemosine ricevute e alle altre entrate finanziarie dell'ospedale affinché essi autorizzino i ricoveri quando esistano le risorse necessarie per farvi fronte, evitando così passivi di bilancio. Infine ha il dovere di verificare il regolare funzionamento dell'istituzione con visite di controllo improvvisate, anche durante la notte.

La verifica amministrativa e contabile viene effettuata annualmente dai revisori dei conti della Confraternita che controllano anche se vi siano state delle spese superflue e non conformi ai capitoli.

Un rapporto diretto e costante con gli ammalati è tenuto invece da due Visitatori, eletti fra «soggetti forniti di zelo e carità, e disimpegnati, per quanto è possibile, da altri affari». Essi visitano i malati ricoverati, li confortano e controllano se il personale si comporti correttamente. Controllano e aggiornano l'inventario dei mobili provenienti dalle donazioni o dal misero patrimonio dei malati defunti, segnalando al tesoriere quelli ritenuti superflui e quindi da mettere in vendita.

Nelle loro frequenti visite all'interno dell'ospedale vigilano in sostanza affinché «nulla manchi agl'infermi e pel bene dell'anima, e per la cura del corpo, si nel vitto, biancheria, medicamenti, come nell'assistenza de serventi, e ministri, e ritrovando difetto, o mancanza, saranno pronti a darne parte ai rettori e al Tesoriere, perché vi riparinò».

Nei capitoli dal settimo al decimo si definiscono invece i ruoli delle figure coinvolte nel processo assistenziale: il medico, il chirurgo, l'ospedaliere e gli infermi.

L'ospedale dispone regolarmente e in via continuativa di un medico, al quale compete innanzitutto la visita di accettazione del malato, che viene ricoverato solo su certificazione scritta della malattia. Di regola visita gli infermi una volta al giorno, di mattina, salvo casi urgenti e straordinari, per i quali deve garantire la massima disponibilità. Prescrive le medicine e le terapie più opportune, vigilando che siano seguite secondo le sue indicazioni. Controlla costantemente le condizioni igienico-sanitarie all'interno della struttura; impartisce al personale specifiche direttive di comportamento nei casi in cui qualche malato mani-

festasse crisi di delirio o di «frenesia» e ordina all'ospedaliere di separare immediatamente gli ammalati che risultassero contagiosi. Il medico si preoccupa anche della salute dell'anima dei moribondi, avvisando tempestivamente l'ospedaliere o gli infermieri, affinché i malati «sieno tantosto muniti de' SS. Sacramenti, e assistiti prontamente per il gran bisogno dell'eterna salute». Per assicurare l'assistenza e un minimo di continuità terapeutica anche in caso di sua assenza, è tenuto a farsi sostituire da «un abile e pratico Professore, il quale sia di soddisfazione de' Rettori e Tesoriere, perché gl'infermi sieno bene e con vantaggio assistiti». Le sue prestazioni sono retribuite con un compenso stabilito dalla confraternita, proporzionalmente al numero degli infermi assistiti.

Nell'ospedale di Loreto presta la sua opera anche un chirurgo, che effettua le sue visite in concomitanza con quelle del medico «a fine di sentire le sue ordinazioni, ed eseguirle nella maniera prescritta». Il chirurgo si trova in posizione nettamente subordinata al medico, visto che appunto «non intraprenderà alcuna anche minuta operazione intorno agli ammalati (...) se non con ordine e approvazione del medico, a riserva de' casi repentini, quando non si possa consultare il medico. A richiesta del medesimo dovrà aprire qualunque cadavere de' defonti dello spedale, qualor ciò possa servir di lume, e cautela per bene, e vantaggio degl'infermi». È da sottolineare come «l'arte della chirurgia» per tutto il Settecento fosse considerato come l'ancella delle medicine ⁽⁶⁾.

Essendo le risorse dell'ospedale alquanto limitate e costituite fondamentalmente dalle offerte e dalla carità dei confratelli e dei privati cittadini, il chirurgo si deve autoregolamentare nella spesa che la sua attività comporta e quindi deve prestare la massima attenzione a «non consumare senza bisogno unguenti, oli, polveri, e simili cose; ma se ne servirà con tutto il risparmio a misura del bisogno degl'infermi: ordinerà, che di dette cose se ne provveda alla spezieria li solo occorrenti, e che sieno poscia ben tenute, e conservate».

Sempre in un'ottica di assoluto risparmio, il regolamento prescrive che il chirurgo deve preoccuparsi di «far preparare in tempo, perché sieno all'occorrenza in pronto, pezze, fascie, fila, ed altri simili attrezzi: adoprati che gli abbia, non gli getterà, ma consegnarli allo spedaliere, perché li pulisca, risponga, nel luogo destinato». Queste procedure causavano facilmente il sorgere di infezioni di origine iatrogena.

In caso di assenza il chirurgo non può farsi sostituire da «giovani principianti a cacciar sangue o a far altra operazione ma sostituirà persona capace benevoluta e approvata da Rettori e dal medico». Anche il chirurgo, come il medico, è stipendiato dalla confraternita e rimane in carica quattro anni.

La figura forse più importante per la gestione quotidiana dell'ospedale è quella dell'ospedaliere, al quale il IX capitolo del regolamento dedica ben 19 commi. La carità, il timor di Dio e l'onestà amministrativa devono essere le sue qualità principali. Egli abita all'interno dell'ospedale e ne cura meticolosamente l'inventario insieme ai Visitatori. Si occupa dell'accettazione dell'infermo, «tenendo esatto registro di ciò che porta; il danaro lo consegnerà al tesoriere; i mobili puliti e lavati secondo il bisogno, li riporrà nel luogo destinato, apponendovi il numero del letto, in cui avrà collocato l'infermo». Quando un malato manifesta l'intenzione di fare testamento, avvisa il tesoriere il quale si preoccupa di chiamare un notaio: quasi sempre il moribondo lascia quel poco che possiede all'ospedale.

Su un apposito libro registra i dati anagrafici del malato, l'entrata, la diagnosi d'ingresso, l'uscita, l'esito della degenza e il luogo dell'eventuale sepoltura. Su un altro registro annota invece le piccole spese di ordinaria amministrazione. Non può distribuire alimenti al di fuori dell'ospedale, del quale è il custode effettivo. All'ospedaliere è attribuita anche qualche incombenza infermieristica e sanitaria. Infatti il regolamento stabilisce che dopo la cena, prima del riposo notturno, deve visitare l'infermeria e provvedere ai bisogni dei malati «sì per l'anima che per il corpo». Deve aver cura di tutte le bende e telerie usate nelle infermerie controllando «che non si consumino senza bisogno, ne si gettino ne luoghi comuni; ma essendo sporche, farà, che sieno presto lavate, perché non marciscano, e sieno buone ad altri usi». Provvede a disinfestare i letti dei malati deceduti, trasporta i cadaveri in una specie di camera mortuoria ed avvisa la canonica (la chiesa di S. Marco) affinché si provveda alla sepoltura. Nelle situazioni di emergenza può addirittura supplire agli infermieri o richiedere l'ausilio, previa autorizzazione del tesoriere, di «qualche uomo o donna timorati di Dio». Si preoccupa infine anche della vita spirituale dei malati, controllando che adempiano agli obblighi sacramentali (confessione e comunione) entro tre giorni dall'avvenuto ricovero. L'ospedaliere infine è obbligato a chiamare l'arciprete quando un malato è in punto di morte affinché il religioso possa «assistere al gran passaggio».

Il decimo ed ultimo capitolo riguarda i due infermieri facenti parte dell'organico ospedaliero. Un uomo assiste i malati ricoverati nell'infermeria maschile mentre una donna si occupa dell'infermeria femminile. Entrambi devono soddisfare ad alcune qualità: essendo pieni di carità, di timor di Dio, di cristiana modestia e di amore verso i malati. Gli infermieri devono anzi ritenersi fortunati «d'esser eletti a servire le membra più care di Gesù Cristo, cioè i poveri infermi». Hanno un ruo-

lo fondamentale per la buona riuscita delle cure e infatti il regolamento prevede sempre la loro presenza durante le visite del medico e del chirurgo, «seguilandoli letto per letto col libro delle ricette, calamajo e tavoletta, e stando attenti al modo che loro si prescrive, di governarli e servirli». Vigilano affinché quei malati o convalescenti ai quali il medico ha concesso di poter lavorare, lo facciano «per solo vantaggio dello Spedale». Che dentro le mura dell'ospedale di Loreto si lavorasse - nel nostro caso per gli imprenditori della seta - è una caratteristica comune a quella di altri nosocomi: il lavoro, oltre che fonte di introiti per le casse dell'amministrazione, serve a ribadire l'obbedienza e l'ordine sociale e a dare ai malati anche un senso di vita grazie all'impegno manuale.

Per quanto riguarda specificatamente il ruolo degli infermieri nel processo assistenziale terapeutico, è da evidenziare l'attenzione con cui devono distribuire i medicinali ai pazienti in conformità alle prescrizioni mediche e il controllo delle diete. Un particolare rilievo è dato alla necessità assoluta di evitare situazioni di promiscuità fra i sessi e sono proprio gli infermieri che devono far rispettare questa norma. Essi sono inoltre preposti al mantenimento delle condizioni igieniche e perciò devono assicurare alcune fondamentali operazioni: pulire a fondo ed arieggiare le infermerie; svuotare i vasi dell'urina ad esclusione di quelli che il medico vuol tenere sotto osservazione, lavarli e riporli in apposito luogo. Questi lavori vanno eseguiti soprattutto il mattino presto «acciocché dovendosi celebrare la S. messa, far la comunione degl'infermi, ricever le visite de' religiosi, del medico e del chirurgo, sieno tutte le cose in buon ordine e le infermerie spurgate dal fetore e dall'immondezza. In somma adopereranno una singolar diligenza per la nettezza, la qual contribuisce molto alla sanità». Gli infermieri hanno anche l'obbligo di vegliare costantemente i malati che hanno ricevuto l'olio santo «senza abbandonarlo di giorno e di notte» e analoga attenzione devono riservare a quei pazienti per i quali il medico o il chirurgo ritiene necessaria un'assistenza continua.

I capitoli si chiudono con l'ennesima raccomandazione che ribadisce come l'ospedale sia riservato ai poveri: «se qualche infermo ricevuto dello Spedale come povero, si scoprisse non esser veramente tale, o muoia questi, o guarisca, dovrà a buona equità risarcire del suo, tutte le spese fatte a suo pro; non essendo lo Spedale destinato per li finti, ma per li veri poveri».

Sul finire del secolo, esattamente nel 1798, viene formalizzato un nuovo regolamento (?). Lo scenario politico sociale è mutato: le confraternite sono state abolite nel 1783 e le riforme giuseppine hanno

lasciato la loro impronta anche in ambito ospedaliero, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti amministrativi e la razionalizzazione complessiva del sistema assistenziale. Fondamentale ad esempio è la riunificazione in un unico fondo di tutti i proventi della beneficenza e i patrimoni ospedalieri e ripartito sotto il controllo statale ⁽⁸⁾.

L'ospedale di Loreto, soppressa la Confraternita dei santi Rocco e Sebastiano, dipende dal Civico Consiglio dei trentuno che lo gestisce tramite una Civica Deputazione composta da un Preside e due Civici Deputati: la sfera pubblica incomincia quindi ad estendere il suo potere anche sull'ospedale.

Con il nuovo regolamento l'organico del piccolo nosocomio - che conta circa trentacinque posti letto distribuiti in due grandi infermerie - risulta composto da un sovrintendente, in pratica una specie di direttore, due sacerdoti visitatori, un economo, un cappellano, un medico, un chirurgo e un ospedaliero, tutti direttamente eletti dal Consiglio Civico. Gli infermieri sono quattro, due uomini e due donne.

Il nuovo regolamento assimila buona parte delle norme contenute nel precedente e ne accentua quei passaggi che riguardano le cure spirituali. Già nel primo capitolo infatti trova spazio ed ampio rilievo una importante disposizione che nel vecchio regolamento era collocata nel IX articolo relativo ai compiti dell'ospedaliero: ancora il primo giorno di ricovero l'ammalato viene affidato al cappellano che provvede alla confessione da farsi entro il terzo giorno. La confessione, per eccellenza atto di purificazione dell'anima, precede quindi ogni atto terapeutico e di purificazione del corpo. L'attività religiosa nell'ospedale è sempre più radicata. Infatti il cappellano, che gode anche di un riconoscimento economico, abita all'interno della struttura ospedaliera in maniera tale da poter garantire l'assistenza spirituale sia di giorno che di notte. È sempre il cappellano che cura anche gli aspetti di religiosità esteriore: oltre ad occuparsi del catechismo settimanale è tenuto ad esempio a vigilare «che per ogni letto vi sia il crocefisso e l'acqua benedetta».

Il regolamento introduce due nuove figure: il soprintendente e l'economo. La prima figura è una specie di supervisore dell'ospedale, eletto dal Civico Consiglio dei 31 ma funzionalmente dipendente della Civica Deputazione. (Il soprintendente deve avere alcune qualità indispensabili per il suo delicato e importante compito: deve essere una persona onesta, di sperimentata prudenza e capacità). Il regolamento afferma testualmente che «avrà assoluta ispezione sopra il ben essere e felice corso dell'azienda». Quest'ultimo termine riflette probabilmente la consapevolezza maturata dagli amministratori che l'ospedale, oltre ad essere un luogo pio, è diventato ormai una struttura organizzativa di una certa

complessità e questo implica l'esigenza di controlli precisi e vigilanza sistematica.

Di rilievo è la figura dell'economo che gestisce tutte le forniture alimentari, le opere di manutenzione e quant'altro indispensabile per il buon funzionamento dell'ospedale. Il regolamento stabilisce per l'economo uno stipendio di 50 fiorini, inteso però «non come un compenso delle sue fatiche, ma unicamente per un segno di gratitudine per la caritatevole laboriosa sua fatica». Il fatto che la Cassa pubblica riconosca con un salario le prestazioni dell'economo, indica che l'assistenza si stava strutturando in maniera organica secondo il nuovo principio che lo stato doveva tutelare il benessere dei sudditi. Emerge quindi per il povero un nuovo diritto all'assistenza anche se in ogni caso tale processo ha ancora spiccate connotazioni ideologiche di tipo caritativo.

La novità più rilevante introdotta dal regolamento del 1798 è probabilmente la qualificazione e il rafforzamento del ruolo assunto dai due sacerdoti visitatori. Questi due religiosi - nel regolamento precedente i visitatori potevano essere anche dei confratelli laici - sono eletti dal Consiglio Civico. Sono il fulcro dell'ospedale in quanto fanno concretamente da tramite fra l'ospedale e il Magistrato civico, cioè l'autorità pubblica da cui dipende il nosocomio. Tra le funzioni più importanti dei Visitatori sono comprese la formalizzazione delle tabelle di sovvenimento dei poveri, la distribuzione dei contributi in denaro o in aiuti materiali - come ad esempio la consegna di appositi buoni per l'acquisto di farina. In ambito ospedaliero, i Visitatori hanno l'obbligo di visitare tutti i giorni gli infermi invitandoli alla rassegnazione, confortandoli e animandoli alla rassegnazione, esprimendo quindi quello che è l'approccio cristiano all'esperienza umana della malattia.

Le loro competenze sono ampie: procura il lavoro ai malati secondo le loro forze ed abilità in maniera tale da contribuire a recuperare entrate finanziarie; controllano il buon ordine dell'ospedale, verificando per esempio il comportamento quotidiano degli ammalati e il trattamento che ricevono; vigilano sull'operato di tutto il personale, medico compreso. Controllano anche le condizioni igieniche delle infermerie e l'adeguatezza del cibo fornito agli ammalati. I Visitatori inoltre hanno l'incarico di verificare la condizione di povertà dell'ammalato che presenta la supplica di ricovero. Sono loro infine che tengono la registrazione dei ricoveri, raccogliendo le informazioni anagrafiche dei malati e specificando la diagnosi d'ingresso comunicata dal medico.

Il regolamento del 1798 introduce poi una modifica importante: il medico ed il chirurgo hanno l'obbligo di visitare gli ammalati non più una ma almeno due volte al giorno, rispettando un orario prestabilito:

in estate la visita mattutina è fatta alle ore otto e il pomeriggio alle ore quattro; d'inverno invece alle ore nove di mattina e alle ore tre pomeridiane. Ciò dimostra una certa accentuazione in senso sanitario dell'istituzione. È interessante anche la possibilità data ad altri medici e chirurghi di frequentare l'ospedale e di fornire consulti ai colleghi: il nosocomio diventa il luogo dove si sviluppa la clinica.

Il regolamento del 1798 stabilisce anche il tipo di alimentazione che l'ospedaliere, su indicazione del medico, somministra agli ammalati. Sono previste tre classi di alimentazione: la stretta dieta, la mezza dieta e il vitto intero. La stretta dieta consiste in una zuppeta di pane in brodo servita come colazione, una minestrina con un uovo per pranzo e la sera una zuppa. La mezza dieta prevede una colazione simile alla precedente mentre il pranzo è più sostanzioso comprendendo oltre alla minestrina, una mezza porzione di carne, di pane e di vino; la cena consiste invece in una zuppa o pan bollito. Il vitto intero si differenzia dal precedente per la porzione intera di carne e di vino.

Un'alimentazione, dunque, apparentemente povera. In realtà, consultando vari registri contabili, si è potuto verificare che agli ammalati venivano forniti anche altre varietà di cibo come riso, orzetto, fagioli, formaggio, stoccafisso. Un'alimentazione assicurata tutti i giorni costituiva comunque un ottimo intervento terapeutico, considerando che gran parte della popolazione era costantemente sulla soglia della pura sussistenza e non aveva risorse sufficienti per garantirsi un'alimentazione adeguata. E la possibilità di mangiare quotidianamente negli ospedali dell'epoca era senz'altro la prima forma di intervento terapeutico.

Il riconoscimento dell'importanza che ha l'alimentazione all'interno del progetto terapeutico sarà ribadito con maggior vigore dal regolamento del 1852 ⁽⁹⁾. Oltre a controllare le condizioni igieniche complessive dell'ospedale, il medico è obbligato a controllare con assiduità «la qualità dei brodi e dei cibi dati agli infermi». Tale norma riprende quanto stabilito dalle disposizioni per i medici ospedalieri del Tirolo impartite nel 1830: «baderà pure, che non manchi oltre alle medicine alcun sussidio dietetico, avendo questo grande influenza sopra la cura degli infermi» ⁽¹⁰⁾. È il medico dunque che stabilisce la classe di alimentazione per ciascun ammalato e che annota la dieta nella tabella sanitaria appesa sopra ogni letto. Ed è sempre il medico che valuta la possibilità di integrare eventualmente il menu con altri alimenti portati dai parenti degli ammalati.

Per dare un'idea dell'importanza dell'alimentazione come elemento fondamentale della cura, basti dire che nel 1851 metà delle uscite finanziarie dell'ospedale sono dovute a spese per l'acquisto di cibo ⁽¹¹⁾.

Tra l'altro un elemento base dell'alimentazione è costituito dalla carne che raramente era presente sulle tavole dei contadini ⁽¹²⁾.

Il regolamento del 1852, appena citato, è formalizzato dalla Congregazione di Carità, il nuovo organismo amministrativo autonomo - è subordinato solo alle autorità municipali - che gestisce l'assistenza e amministra i patrimoni delle diverse fondazioni.

L'ospedale per gran parte vive ancora grazie alla beneficenza, un aspetto questo sottolineato già all'art. 1, comma 5 del regolamento: «perché la cura degli infermi non soffra alterazioni chi volesse in prò loro dare danaro lo riporrà nella cassetta esposta all'ingresso della scala o lo consegnerà alla Superiora quando non volesse beneficiare la generalità degli infermi. Ogni mese i consiglieri preposti allo Spedale leveranno il danaro che sarà fedelmente impiegato nel migliorare agli infermi il solito trattamento».

La Congregazione di carità affida il controllo complessivo dell'ospedale a due Sovraintendenti scelti tra i membri della stessa. Si accenna la sensibilità per gli aspetti economici della gestione ospedaliera e quindi l'amministrazione deve «procurare le possibili indennizzazioni al pio luogo o dagli infermi stessi che potessero in qualche cosa contribuire al loro mantenimento o dai loro parenti o da altri fondi, comuni, casse di concorrenza, erario militante secondo la qualità degl'infermi e le discipline vigenti in loro riguardo». Assume un rilievo importante anche il controllo della spesa per farmaci e si introducono pure delle camerette a pagamento. In un'ottica di convenienza economica è vista anche la possibilità di assistenza domiciliare: «la Congregazione di carità sarà attenta in determinare nei casi particolari se torni più a conto soccorrere gli infermi a domicilio quando non si pregiudichi la cura».

Traspare dal regolamento qualche elemento che indica l'avvio di un processo di medicalizzazione dell'ospedale considerato come luogo privilegiato del progresso della scienza medica: l'ospedale ormai è diventato per i medici sede di osservazione delle malattie e quindi di sperimentazione di nuovi metodi terapeutici ⁽¹³⁾.

Sono interessanti alcune innovazioni introdotte dall'articolo che identifica i compiti e il ruolo del medico. Quest'ultimo verifica il grado di compliance del malato («farà qualche visita straordinaria onde meglio convincersi se vengono esattamente eseguite le sue prescrizioni»). Sarà attento nel separare le varie malattie; ordina le autopsie ed ha l'obbligo di coinvolgere gli altri sanitari della zona se le sezioni anatomiche evidenziano riscontri patologici interessanti.

Persiste comunque una contraddizione imputabile alle forti disuguaglianze socio-economiche della società ottocentesca: l'ospedale di Lore-

to mantiene alcuni aspetti di struttura utilizzata anche come contenitore di problemi sociali. Lo si intuisce leggendo il comma 13 dell'art. V: il medico «dovrà licenziare ogni ammalato quando avrà recuperata la sanità per non aggravare il pio luogo, avendo riguardo che il povero non ha mezzi di sussistenza, non licenzierà che quelli pei quali non possa temere un recidiva». Il regolamento non nascondeva insomma il problema dei malati di miseria cronici.

Anche gli infermieri contribuiscono alla buona riuscita della cura. Essi dovranno «essere presenti alle visite medico chirurgiche sì per dare le informazioni di tutto quello che avranno osservato negli infermi dopo l'ultima visita, come per prendere norma in sul modo di assistere gli infermi e di apprestare quei medicinali che per avventura venissero loro affidati».

Il regolamento del 1852 introduce una nuova figura di rilevanza fondamentale che imprimerà una svolta nella gestione e organizzazione del nosocomio. L'articolo otto infatti detta le disposizioni riguardanti le funzioni e il ruolo della Superiora, una religiosa appartenente alla Congregazione delle suore di carità di Lovere. Le suore di carità si stabilirono a Rovereto il 3 agosto 1844 ⁽¹⁴⁾, raccogliendo le sollecitazioni della locale Congregazione di carità che voleva appunto qualificare il livello dell'ospedale cittadino con l'inserimento di personale religioso fortemente motivato nel campo dell'assistenza ⁽¹⁵⁾.

Ben 23 commi descrivono dunque le funzioni della Superiora, a dimostrazione della centralità di questa figura. La Direttrice Superiora vive stabilmente all'interno del nosocomio ed ha alle sue strette dipendenze gli infermieri e gli inservienti che può licenziare in caso di inadempienze gravi. Cura e gestisce meticolosamente l'inventario dei mobili, custodisce gli effetti personali dei ricoverati (denari, vestiti etc.), si occupa delle forniture alimentari, coordina e controlla il personale. Tra i compiti della Superiora assume una particolare importanza quello di procurare da lavorare a tutti i ricoverati ritenuti idonei a farlo ed è tenuta a presentare trimestralmente alla Congregazione di carità una tabella riassuntiva degli introiti così ottenuti. L'attività lavorativa dei ricoverati, tipica negli ospedali settecenteschi ed anche in quello di Loreto, è dunque una pratica consolidata ancora nel corso del XIX secolo.

La Superiora insomma è l'economa e al tempo stesso il fulcro gestionale dell'ospedale che complessivamente, con l'arrivo delle suore di carità, registra dei miglioramenti non indifferenti. Peraltro sembrano calzanti anche alla situazione roveretana alcune delle considerazioni di Paolo Frascani contenute nel suo pregevole lavoro «Ospedale e società in età liberale»: «La presenza di cappellani, assistenti a ben morire e suore

di carità che svolgono i servizi spirituali o sorvegliano il personale infermieristico, tramanda al XIX secolo gli scenari che contraddistinguono la assistenza al povero nelle istituzioni di carità delle società di Ancien Régime. Figure centrali della vita ospedaliera, i religiosi estendono, specialmente nei piccoli nosocomi, la loro influenza anche al controllo della gestione economica...»⁽¹⁶⁾.

Da questa rapida scorsa dei quattro regolamenti sinteticamente descritti, si possono dunque trarre alcune brevi considerazioni. Agli inizi del Settecento l'ospedale di Loreto nasce su iniziativa privata, ispirata ai principi del cristianesimo, come ospizio per i poveri malati più bisognosi ed ai margini della società ma sul finire del secolo incomincia a trasformarsi lentamente in luogo di cura. Tale processo si accentua nel corso dell'Ottocento, se pur in maniera non lineare e contraddittoria.

Il potere pubblico interviene nella gestione del nosocomio ma lascia ampio spazio al personale di origine religiosa.

L'utenza è esclusivamente costituita dai malati poveri per i quali si sta ormai delineando un vero e proprio diritto all'assistenza ispirato ai principi della beneficenza⁽¹⁷⁾.

NOTE BIBLIOGRAFICHE

(1) Per un approfondimento sulle vicende di questi due piccoli ospedali cfr. C. COSTISELLA, *L'ospedale di S. Maria e Elisabetta di Rovereto (1316-1590) poi di Tomaso (1590-1788)*, in «Atti della Accademia degli Agiati», serie VI fasc. A, (1975), pp. 101-109 ed anche R. STEDILE, *Ospedali e sanità a Rovereto nel XVIII secolo*, Manfrini, Calliano, 1990, pp. 37-48.

(2) Cfr. R. STEDILE, *Ospedali...*, pp. 77-83.

(3) Sui regolamenti ospedalieri e la vita interna degli ospedali cfr. PAZZINI A., *L'ospedale nei secoli*, Edizioni Orizzonte Medico, Roma, 1958, pp. 237-250.

(4) B.C.R., Ms 12.1 Libro delle congreghe della venerabile Confraternita dei SS. Rocco e Sebastiano (1670-1722).

(5) Capitoli e costituzioni del ven. Spedale della Confraternita de' SS. Rocco e Sebastiano, in Capitoli ed ordine della ven. Confraternita de' santi Rocco e Sebastiano di Rovereto, per Francescantonio Marchesani, in Roveredo, 1767.

(6) Cfr. E. BRAMBILLA, *La medicina nel Settecento: dal monopolio dogmatico alla professione scientifica*, in Storia d'Italia. Annali 7. Mallattia e medicina, Torino, Einaudi, 1984, pp. 67-81.

(7) Regolamento dell'ospidale di Roveredo da conservarsi nell'archivio di quello, in A.O.R. Ordini rilasciati all'ospedale. Protocollo 1797-1801.

(8) NASALLI R., *Il diritto ospedaliero nei suoi lineamenti storici*, Fondazione Sergio Mochi, Milano, 1966. Cfr. anche STEDILE R., *Ospedali...*, cit., pp. 113-138.

(9) Regolamento per lo Spedale cittadino 24 agosto 1852 (approvato con decreto della reggenza del Tirolo italiano 11 maggio 1853 n. 3072).

(10) B.C.R. Istruzioni pel medico dell'ospedale (documento a stampa datato 19 ottobre 1829), in B.C.R., 5.9.39 Circolari scritte alla Congregazione di carità dal magistrato politico economico dell'I.R. di Rovereto dal 1821 al 1839.

(11) Prospetto della facoltà del cittadino spedale per l'anno 1850/51, in B.C.R. 5.17.10 Rendiconti degli enti amministrati dalla Congregazione di carità 1850/51, 1851/52, 1852/53.

(12) Cfr. G. OLMÍ, *Malattie e condizioni di vita*, in AA.VV., *Ex voto*. Tavolette votive, Temi, Trento, 1984, p. 109.

Il consumo di carne nell'ospedale di Loreto era piuttosto abbondante. Da un documento risulta per esempio che nel mese di giugno 1835 furono acquistati circa 291 libbre viennesi di carne, pari grossomodo a Kg. 163. Venivano consumati quindi circa Kg. 5 di carne al giorno e considerando che erano presenti in ospedale mediamente 30-35 malati, è verosimile che ai pazienti veniva garantita quasi quotidianamente una bistecca. Cfr. B.C.R., Specifica della carne somministrata dal macellaio a questo spedale civico, separata in tre poste, l'una del 1 ottobre fino ai 6, l'altra dal 7 fino ai 15 e la terza dai 16 fino li 30 detto, in 5.14.4(1) Carteggi vari riguardanti l'ospedale di Loreto dal 1806 al 1867.

(13) Cfr. M. FOUCAULT, *Nascita della clinica*, Einaudi, Milano.

(14) L'istituto delle suore di carità fondato in Loreto dalle beate Bartolomea Capitanio e Vincenza Gerosa, Libreria emiliana editrice, Venezia, 1933, vol. I, p. 122.

(15) A.O.R., Libro delle consulte dal 1 gennaio 1842 sino li 31 dicembre 1858 (seduta del 12 maggio 1843).

(16) P. FRASCANI, *Ospedale e società in età liberale*, Il Mulino, Bologna, 1986, p. 36.

(17) A. PASSINI, *L'ospedale...*, cit., pp. 228-229.

LUCIANO GIRARDI

ATTUALITÀ DEI PROBLEMI DI RIASSETTO DEL SERVIZIO SANITARIO PROVINCIALE

Quando si ci riferisce alla «Organizzazione della Sanità» in Italia, non si può non avere presente l'evoluzione relativamente rapida che il sistema sanitario italiano ha avuto in questi ultimi 40 anni, in coincidenza con lo sviluppo economico del nostro Paese, con un imponente processo di industrializzazione, e successivamente, di terziarizzazione, con la crescita del tenore di vita e delle condizioni di benessere, ma anche con i rapidi, spesso sorprendenti progressi della scienza e della tecnica anche in campo sanitario, con la crescente e sempre più diffusa attenzione delle popolazioni ai problemi della salute, con la sempre più sentita esigenza di salubrità degli ambienti di vita e di lavoro nonché di domanda di servizi sanitari e di prestazioni ai vari livelli di specializzazione.

L'evoluzione del sistema sanitario a cui faccio riferimento riguarda la trasformazione degli Ospedali da Istituzioni pubbliche di assistenza e beneficenza in Enti ospedalieri (la legge ospedaliera del 1969) e poi in Presidi delle Unità Sanitarie Locali (Legge 833 del 1978), trasformazione che ha avuto come esito la garanzia dell'assistenza ospedaliera gratuita per tutti i cittadini.

Mi riferisco pure all'espansione del sistema mutualistico-assicurativo avvenuta già negli anni '30, ma continuata poi nel dopoguerra, che ha portato alla copertura assicurativa obbligatoria almeno il 90% o il 95% della popolazione; un sistema che è confluito, nel 1980, nel Servizio Sanitario Nazionale che ha semplificato ed unificato nell'U.S.L. la miriade di soggetti operanti in campo sanitario, compresi i servizi di igiene pubblica e di prevenzione primaria e secondaria esercitati dai Comuni e dalle Province.

Certo, la più radicale trasformazione del sistema è stata appunto quella disposta dalla Legge 27 dicembre 1978, n. 833, conosciuta come la «Legge di Riforma Sanitaria», frutto di una lunga elaborazione in sede politica, dottrinale, sindacale e parlamentare e considerata, nel suo complesso, un fatto rilevante di progresso civile e sociale del nostro Paese.

Ancora oggi, del resto, si sostiene la validità e la attualità dei principi e degli obiettivi di quella riforma; infatti principi come il diritto fondamentale dell'individuo alla tutela della salute, considerata anche come interesse della collettività, o come l'eguaglianza dei cittadini nelle condizioni di tutela della salute e quindi il superamento degli squilibri territoriali, ed obiettivi quali:

- il privilegio per le attività di prevenzione come elemento strategico;
- l'educazione sanitaria come modalità per ottenere dai cittadini una partecipazione consapevole ai processi di trasformazione del sistema ed al cambiamento dello stile di vita;
- la formazione professionale e l'aggiornamento permanente degli operatori come condizione necessaria per il miglioramento qualitativo dei servizi da rendere ai cittadini;

e parecchi altri obiettivi non meno importanti e non meno significativi, risultano pressoché unanimemente condivisi e sostenuti non solo in Italia, ma fatti propri dalla stessa Organizzazione mondiale della Sanità nella prefigurazione della «sanità nel 2000».

Ma, a distanza di alcuni anni dall'attuazione della Riforma, si sono misurati i risultati, considerati da taluni come «stati di avanzamento» del processo riformatore, da altri invece, più impietosamente, quali indicatori di funzionamento di un sistema che andava rapidamente innovato e modificato, la cosiddetta, «riforma della riforma».

Si rilevò come l'obiettivo del riequilibrio territoriale fosse rimasto una petizione di principio, dato che i divari fra Regione e Regione non si erano modificati, in rapporto alle condizioni preriforma ma, in qualche caso, accentuati:

- I Comitati di Gestione delle UU.SS.LL. furono oggetto di critiche anche pesanti ed additati spesso come fenomeno degenerante di occupazione del potere a fini clientelari.
- Apparve inattuata la intuizione riformatrice di fare dei Comitati di Gestione degli interpreti autentici di esigenze locali, perché espressioni democratiche degli enti locali; in effetti questi organismi, cui fu demandata ogni potestà decisionale nell'ambito dell'U.S.L., non si dimostrarono idonei a gestire servizi complessi come quelli sanita-

ri ed in molte situazioni il loro rapporto con la dirigenza medica ed amministrativa dell'U.S.L. assunse connotazioni conflittuali e non di collaborazione, nella chiara distinzione dei ruoli.

- Il Ministero della Sanità non realizzò, al suo interno quella ristrutturazione che pure era considerata quale presupposto per le funzioni di indirizzo, di coordinamento e di controllo che rappresentavano il nuovo ruolo del Ministero nel sistema.
- Del resto la mancata approvazione del piano sanitario nazionale, giacente in Parlamento nella prima sua versione fin dal 1979, rese più precaria la posizione ministeriale, tanto che la disciplina legislativa in materia sanitaria si ritrovò per lo più se non unicamente, nelle leggi finanziarie annuali.
- I servizi sanitari di base non decollarono, pur rappresentando la scommessa vincente della riforma; infatti non si riuscì a recuperare la posizione del medico di base dentro al sistema, per far funzionare i distretti sanitari e per conseguire una integrazione funzionale fra medicina di base, specialistica ed ospedaliera.

Tralasciando altre considerazioni pure importanti, riguardanti ad esempio la disorganicità delle iniziative di prevenzione, la mancanza di informazioni di governo indispensabili per la programmazione ed il controllo delle attività, va detto, peraltro a mio parere, che non ovunque il sistema si dimostra in crisi; infatti in alcune Regioni i progressi furono importanti e significativi.

Occorre inoltre avere ben presente che il modello di riforma sanitaria fu pensato negli anni del boom economico, quando in tutto l'occidente lo sviluppo economico produsse risorse tali da consentire una forte espansione delle prestazioni sia in campo sanitario che sociale che previdenziale.

Ma la riforma fu attuata negli anni della recessione, quando l'entità delle risorse disponibili si era sensibilmente ridotta ed aveva costretto a scelte spesso in contrasto con lo stesso spirito di riforma; anche se talune scelte di fondo, pur preannunciate, furono continuamente eluse o comunque non attuate.

Oggi generalmente si ritiene che tali scelte siano divenute ormai ineludibili e riguardino non solo la compressione e la riduzione di una spesa arrivata, per la parte corrente, a 78 mila miliardi nel 1990 e forse ad una cifra superiore, ma la riforma del sistema.

Non appare sufficiente la manovra sui tickets, o la disattivazione di posti letto ospedalieri o il blocco delle assunzioni. Occorre probabilmente porsi il problema se l'area di copertura assistenziale vada mante-

nuta nei termini attuali oppure non sia da avvicinarsi allo standard europeo che comporta un largo ricorso all'iniziativa autonoma dei cittadini, a proprio diretto onere, per il finanziamento di servizi assistenziali ed una corrispondente diminuzione della pressione sul settore pubblico.

Ed occorre altresì affrontare in termini realistici i problemi dell'assetto istituzionale ed organizzativo del sistema e della U.S.L. in particolare lasciato aperto dalla Legge 833.

Infatti la Legge di riforma nel qualificare l'U.S.L. come struttura del Comune singolo o associato o della Comunità montana, lasciò in bianco la pagina dell'assetto organizzativo.

Ed allora quasi subito si pose con forza la domanda se questa struttura preposta al Servizio Sanitario dovesse essere considerata come una delle strutture preposte ad attività amministrative, in senso stretto, del Comune singolo o associato o della Comunità montana, disciplinata dall'ordinamento proprio delle strutture amministrative degli Enti Locali, oppure non dovesse essere piuttosto una struttura caratterizzata dalla sua funzione di *produzione di un servizio*, ovvero una «azienda» in senso proprio.

Infatti, se si pone attenzione al significato di «azienda» nel sistema delle Pubbliche Amministrazioni, si nota che ad essa si è ricorsi ogni qualvolta la Pubblica Amministrazione ha dovuto adempiere non più solo ad attività politiche e ad attività amministrative, ma ad attività dirette di produzione di beni e di servizi.

È stato autorevolmente rilevato che a ciascun tipo di attività svolto dalla Pubblica Amministrazione tende a corrispondere un diverso modello: quello degli organi collegiali rappresentativi per le attività politiche, quello degli apparati burocratici (Ministeri e simili) per le attività amministrative e quello delle «aziende» per le attività produttive.

Sembra di poter affermare ogni volta che si è trascurata questa regola, ciò ha determinato disfunzioni dell'attività svolta, tanto da indurre al rapido ricorso al modello appropriato (esempio: le Ferrovie).

Ora nel caso dell'attività sanitaria pubblica, il dato prevalente e caratteristico è quello della produzione di servizi.

Le attività amministrative che convivono nell'U.S.L. con quelle tecnico-professionali, sono da considerare come *serventi* di queste ultime e di supporto.

Non pare dubbio quindi che il modello di riferimento per le attività di produzione di servizi - anche se resa senza o prevalentemente senza corrispettivo - sia quello dell'«azienda».

L'adozione di tale concetto comporta necessariamente alcune importanti conseguenze:

- la prima è quella della salvaguardia delle caratteristiche e delle regole proprie della struttura aziendale attraverso l'autonomia della gestione aziendale, distinta nettamente nel proprio ruolo da quello della sfera politica cui compete la potestà di indirizzo e di controllo pubblico.
Si parla quindi di «depoliticizzazione» della gestione dell'U.S.L. e della «tecnicizzazione» della stessa;
- la seconda è che l'autonomia aziendale va esercitata dagli organi tecnici, informando l'attività a criteri di efficacia, di efficienza e di economicità, perseguendo le migliori combinazioni di mezzi a parità di risultati e/o del miglior livello di risultati a parità di costi.
Prevalgono quindi esigenze di economicità, in rapporto ad esigenze di legittimità;
- la terza è che all'azienda sono da assegnare obiettivi precisi realizzabili, verificabili nel tempo e nei risultati e che l'azienda stessa si organizza nel modo più adatto al perseguimento di quegli obiettivi, definendo al suo interno con precisione, singole *responsabilità*.
I controlli saranno quindi sui risultati, non certo sugli atti, e sulle persone che hanno la responsabilità della conduzione aziendale.

Ho ritenuto di richiamare alcuni elementi - non certo tutti - del processo che ha portato alla elaborazione dei diversi disegni di legge in corso di esame in Parlamento ed in particolare del disegno di legge n. 2375 sul dissesto del Servizio Sanitario Nazionale, chiamato «De Lorenzo» per rilevare come sia consolidata la impostazione della adozione per le UU.SS.LL. del modello aziendale e come sia altrettanto accettata la netta distinzione del ruolo e delle responsabilità degli organismi politici in rapporto a quelle degli organismi tecnico-gestionali, come sia previsto lo sganciamento della U.S.L. dagli Enti Locali e dal loro ordinamento per rafforzare invece il rapporto fra le UU.SS.LL. e le Regioni.

È proprio nell'ottica della realizzazione di un nuovo assetto istituzionale ed organizzativo delle UU.SS.LL., quale è configurato nel disegno di legge governativo, si è avvenuti allo scioglimento dei Comitati di Gestione ed all'affinamento delle gestioni agli Amministratori straordinari.

* * *

Nella nostra Provincia la scelta di ridefinizione dell'assetto istituzionale del Servizio Sanitario Provinciale si ritrova nell'accordo di governo di questa legislatura del 1989, ed è ribadita nel piano provinciale di sviluppo per il triennio 1990/93.

Va precisato che l'esperienza delle UU.SS.LL. in Trentino non ha certo condotto a forme di malgoverno o a situazioni di distorto utilizzo delle risorse riscontrate in altre Regioni, ma anzi ha dimostrato l'impegno e la capacità degli amministratori, tanto da poter affermare che il funzionamento del servizio sanitario provinciale e la sua capacità di risposta è complessivamente adeguata, certamente superiore al livello riscontrabile in parecchie Regioni. Lo conferma una apposita indagine condotta dal CENSIS.

Ma un simile riconoscimento ed apprezzamento per quanto è stato fatto e per quanto si è raggiunto, non può rappresentare una remora all'ulteriore avanzamento, alla esigenza di cogliere ed impiegare al meglio «il nuovo» che in sede nazionale ed anche qui in Provincia si fa strada ed avanza.

Occorre anzi utilizzare al meglio le possibilità che ci vengono dalla nostra autonomia anche in questo campo importantissimo della sanità che riguarda tutti i cittadini, indistintamente e la popolazione nel suo complesso.

Fatta tale precisazione, credo sia opportuno rilevare che, nel sistema trentino, alcune disfunzioni hanno certamente influito in modo non positivo sullo sviluppo dei servizi.

La scelta di identificare gli Organi politici dell'U.S.L. con quelli dei Comprensori, effettuata con la L.P. 33/1980, ha comportato difficoltà e remore di vario genere.

L'U.S.L. quale struttura operativa del Comprensorio è stata assoggettata ad un ordinamento del tutto improprio in rapporto alle sue funzioni.

A tale riguardo richiamo quanto già detto sulle conseguenze negative derivanti dalla improprietà del modello adottato, per la produzione e la gestione di servizi.

Altrettanto impropria si è rivelata, come nelle altre Regioni italiane, la attribuzione esclusiva delle potestà decisionali all'Organo politico - Comitato di Gestione - identificato nella Giunta Comprensoriale riservando all'organo tecnico - l'Ufficio di Direzione - funzioni meramente propositive.

Ma ancora è da rilevare come la frammentazione istituzionale delle undici Unità Sanitarie Locali come autonomi organismi di amministrazione e di gestione ha fatto moltiplicare le strutture dirigenziali dequalificandole ma soprattutto ha indotto alla creazione di servizi al di sotto delle soglie di economicità comunemente accettate ma anche alla necessità di rendere «multizonali» e cioè comuni a più UU.SS.LL., parecchi servizi a partire da quelli ospedalieri fino a quelli psichiatrici e veterina-

ri; ed ancora proprio tale eccessiva frammentazione ha impedito fino ad ora - la nuova legge sull'igiene pubblica è di qualche settimana fa - di trasferire alle UU.SS.LL. i servizi di igiene pubblica e di prevenzione che sono rimasti accorpati in Provincia, soggetti all'ordinamento pre-riforma e quindi inadeguati alla nuova realtà.

Ed ancora, proprio quella autonomia organizzativa della U.S.L., ha impedito di conseguire risultati di maggior significato non solo nel campo delle dotazioni informatiche, ma anche nelle economie di scala derivanti da acquisti in comune, da tipizzazione di equipaggiamenti di comune uso, della gestione comune di servizi economici.

È da ritenere che anche tali considerazioni abbiano indotto l'attuale maggioranza ad addivenire già nel 1989, a quell'accordo politico-programmatico che già ho citato e che prevede: - testualmente - «la identificazione della gestione sanitaria con un soggetto istituzionale diverso dal Comprensorio e la unificazione, in un'unica struttura organizzativa, della gestione di tutti i servizi sanitari in ambito provinciale».

Tale accordo, pur nella sua sinteticità, appare chiaro negli obiettivi:

- superamento della Legge Provinciale n. 33 del 1980 che identificò la U.S.L. con i Comprensori, per quanto riguarda il territorio e gli Organi di gestione;
- creare un'unica struttura di gestione dei servizi sanitari in ambito provinciale.

L'accordo programmatico appare basato sul presupposto della riaffermazione - da parte della Giunta Provinciale - della competenza a legiferare nei termini istituzionali ed organizzativi, in materia sanitaria, in base al principio che tutte le funzioni amministrative - che non siano riservate allo Stato - sono nella disponibilità della Provincia.

Tale principio va ravvisato non solo nella competenza legislativa provinciale in materia di igiene e sanità, di cui all'articolo 9 n. 10 dello Statuto di autonomia, ma anche nella specifica competenza che l'articolo 8 n. 19 dello stesso statuto attribuisce alla Provincia Autonoma in materia di assunzione diretta di servizi pubblici e la loro gestione a mezzo di «aziende speciali».

La scelta contenuta nel disegno di Legge Provinciale - all'articolo 2 - di provvedere alle funzioni amministrative inerenti al servizio sanitario provinciale avvalendosi, quale ente strumentale, della «azienda speciale per i servizi sanitari» non solo quindi corrisponde al concetto che ho dianzi esposto circa l'esigenza di far corrispondere alle funzioni della struttura il modello organizzativo adatto - e, nel caso specifico della

produzione di servizi sanitari, il modello aziendale - ma tale scelta trova supporto e legittimazione nello stesso Statuto di Autonomia.

Ed è da aggiungere: non U.S.L.-azienda, come è previsto dal disegno di legge governativo, ma «Azienda speciale della Provincia» e quindi unica per la gestione dei servizi sull'intero territorio provinciale.

A questo punto debbo dire che non mi sembra questa la sede per illustrare il disegno di legge provinciale intitolato «nuova disciplina del servizio sanitario provinciale» approvato dalla Giunta Provinciale il 7 agosto scorso ed ora all'esame del Consiglio Provinciale; penso infatti che deborderei dal tema assegnatomi.

Credo peraltro utile sottolineare alcune caratteristiche dell'impianto organizzativo della Azienda provinciale richiamata.

1. È stata stabilita e coerentemente disciplinata una netta distinzione fra competenze e corrispondenti responsabilità politiche e quelle che si possono definire tecnico-gestionali.

Alla competenza politica la programmazione, la scelta e la fissazione degli obiettivi, l'apprestamento delle risorse, la verifica dei risultati, a quella tecnico-gestionale, tutte le attività propriamente gestionali, dal governo del sistema ai servizi di erogazione delle prestazioni, il tutto finalizzato al conseguimento degli obiettivi assegnati.

Consiglio Provinciale e Giunta Provinciale da un lato;

Azienda speciale dall'altro.

Due circuiti ben distinti che trovano il loro punto di congiunzione o di snodo nel Consiglio di Amministrazione dell'Azienda, organo di estrazione politica, preposto all'andamento complessivo dell'azienda. I *comitati di distretto*, quali sono configurati dal disegno di legge, sono Organi elettivi di rappresentanza degli Enti Locali, che ricevono sistematiche informazioni dal Direttore del Distretto e dall'Azienda nel suo complesso, sull'andamento dei servizi ed esprimono direttamente alla Giunta Provinciale le loro osservazioni, le loro richieste, ed anche le rimozioni o le critiche in ordine al funzionamento dei servizi del Distretto, esclusa però ogni diretta interferenza nella gestione dei servizi.

Vi è quindi un circuito della partecipazione che va dal Distretto alla Giunta Provinciale e di qui ricade, sotto forma di indirizzi programmatici, nell'Azienda e vi è un circuito della gestione che va dal Consiglio di Amministrazione al Direttore Generale ed alle articolazioni organizzative dell'azienda.

La seconda valenza che caratterizza il disegno di legge è la cosiddetta *gestione per obiettivi* su cui non mi posso soffermare.

Gli obiettivi sono scelti - ed è una scelta molto complessa - dall'Organo politico - che deve apprestare le risorse per conseguirli, ma compete all'Azienda di organizzarsi, e di organizzare i propri servizi, di creare le condizioni operative per conseguire quegli obiettivi e di rispondere.

Una terza sottolineatura riguarda l'accentramento dei poteri di governo tecnico dell'intero sistema nella figura del Direttore generale dell'Azienda al fine di garantire razionalità ed omogeneità nell'impiego delle risorse e quindi degli interventi su tutto il territorio.

Ma, contestuale a tale accentramento, viene previsto e disciplinato un forte decentramento di responsabilità e quindi di competenze a livello periferico.

Il Direttore di Distretto come il Direttore di Ospedale autonomo sono investiti di ampi poteri gestionali e delle relative responsabilità.

È ben chiaro che l'architettura istituzionale ed il modello organizzativo adottati non assicurano di per sé l'efficienza ed efficacia dei servizi; ben altre e numerose sono le condizioni per garantire il buon funzionamento dell'azienda.

Debbo anzi aggiungere che un aspetto debole del sistema disegnato è quello che esula dalla competenza legislativa ed amministrativa della Provincia Autonoma e cioè lo stato giuridico ed il trattamento economico del personale, riservato alla competenza dello Stato.

L'azienda potrà forse disciplinare come ha peraltro il disegno di legge un rapporto di impiego per i dirigenti riferito alla sfera del privato.

Contratti quinquennali rinnovabili, valutazioni sulla produttività di detti dirigenti ecc. ma non potrà - almeno in base alla legislazione vigente - modificare o innovare nello status del personale medico, tecnico, infermieristico, amministrativo che rimarrà ancorato ad una disciplina estremamente rigida assolutamente inadatta al modello aziendale.

Penso di poter fermarmi a questo punto nella fiducia di essere riuscito a illustrare le motivazioni di fondo che hanno forze politiche e sociali a perseguire una profonda innovazione nel sistema sanitario varato non prima di dieci anni fa.

E di aver anche illustrato la sintonia che esiste, anche se per motivazioni diverse, fra le caratteristiche del disegno di legge governativo e quelle del disegno di legge provinciale.

INDICE

<i>Presentazione</i> (D. Vettori)	pag. 5
---	--------

RELAZIONI

GUIDO PERIN: <i>Nuove patologie connesse con l'ambiente: ruolo delle popolazioni a basso, medio ed alto rischio</i>	» 13
---	------

Sessione I

JOSEPH A. COTRUVO: <i>The Role of Chlorofluorocarbons in Depletion of Stratospheric Ozone and the Resulting Increased Human Health Risk</i>	» 39
GORDON CHESTERS: <i>Transformations and Diffusion of Pesticides in the Environment</i>	» 55
I. H. (MEL) SUFFET & KATHRYN HUNCHAK-KARIOUK: <i>The Modeling of the Fate of Hydrophobic Hazardous Organic Chemicals in Natural Waters</i>	» 79

Sessione II

GIUSEPPE BUCCIANTE & FRANCESCA VELLUTI: <i>Alimentazione e salute</i>	» 99
GIULIANO ZIGLIO: <i>Effetti sulla salute della presenza di contaminanti nell'acqua potabile</i>	» 105
EDOARDO TURCHETTO: <i>Additivi alimentari e loro regolamentazione</i>	» 123
ATTILIO SCIENZA: <i>Il vino: bevanda per l'uomo moderno</i> ..	» 129
CLAUDIO SALVADORI: <i>Prevenzione sanitaria in latte e succhi di frutta</i>	» 145
BRUNO RINDONE: <i>Alcuni aspetti del problema contaminanti degli alimenti</i>	» 157

COMUNICAZIONI

GUIDO PERIN, PIETRO TRAVERSO, PAOLA MIANA & EMANUELE ARGESE : <i>Submitochondrial particles bioassay as a general and fast procedure for determining water toxicity</i>	pag. 167
PAOLA MIANA, GUIDO PERIN, PIETRO TRAVERSO & RAFFAELLA FABRIS: <i>Interazione sedimenti e macrofite (Ulva rigida) nella laguna di Venezia</i>	» 175
SILVIA SCOTTO, GUIDO PERIN, OSCAR RAVERA & PIETRO TRA- VERSO: <i>Acute and chronic effects of Tributyltin chloride on Daphnia magna</i> (STRAUS)	» 183
PAOLA MIANA, ADRIANA ANDREATTA, GUIDO PERIN & PIETRO TRAVERSO: <i>Azione tossica dell'acqua interstiziale dei se- dimenti della laguna di Venezia sulla Diatomea marina Skeletonema costatum</i>	» 193
MARCANTONIO BRAGADIN: <i>A new «in vitro» test for selective monitoring of phenols in water</i>	» 203

Sessione III

EMANUELA RENZETTI: <i>Ambiente, alimentazione e salute nelle valli Giudicarie all'inizio dell'Ottocento</i>	» 211
RODOLFO TAIANI: <i>Il governo della sanità pubblica nell'Europa della seconda metà del Settecento: alcune brevi annota- zioni sulle sue principali linee guida</i>	» 223
RENATO STEDILE: <i>Regolamenti ospedalieri nel '700 e '800 a Ro- vereto</i>	» 251
LUCIANO GIRARDI: <i>Attualità dei problemi di riassetto del ser- vizio sanitario provinciale</i>	» 265

FINITO DI STAMPARE NELLO STABILIMENTO DELLA
MANFRINI R. ARTI GRAFICHE VALLAGARINA S.p.A.
CALLIANO (TRENTO) NEL MESE DI DICEMBRE 1993

